



**Reductus terrigenus.** Das „zurückgebildete Erdgeborene“ ist eine der „postevolutionären Lebensformen“ des Künstlers Reiner Maria Matysik (siehe Porträt auf Seite B8). Weitere folgen in dieser Beilage. Foto: VG Bild-Kunst, Bonn 2009

## Was den Menschen macht

Von Mammutjägern und Brillenträgern: Wie in unserer Spezies Natur und Kultur zusammenkommen

VON HARTMUT WEWETZER

Ausgerechnet Tauben. Der Verleger John Murray hatte Charles Darwins Manuskript „Über den Ursprung der Arten“ begutachten lassen. Und war zu dem Schluss gekommen, dass ein populäres Buch über diese Vögel viel besser ankommen würde als Darwins Rundumschlag. Einen Schmöcker über den Ursprung der Tauben sollte der Naturforscher schreiben. Alle züchteten sie Tauben im viktorianischen England, selbst die Königin.

Aber Darwin lehnte den Vorschlag ab, vermutlich verärgert. Er beharrte auf dem Ursprung der Arten, nicht der Tauben. Seit vielen Jahren hatte er über dieses Thema geforscht, ein großes Werk geplant. Und so konnte „Origin of Species“

### Die Muster der Evolution sind in den Teppich der Zivilisation eingewoben

1859 erscheinen. Der zentrale Gedanke des Naturforschers: Die Vielfalt der Arten verdankt sich der natürlichen Auslese. Tiere und Pflanzen sind nicht ein für allemal geschaffen, sondern haben sich allmählich entwickelt. Die Natur wird von der Evolution regiert.

Darwins revolutionäre Idee öffnete viele neue Türen der Erkenntnis. Aber einiges konnte er noch nicht wissen, allenfalls erahnen. Vor allem war ihm unklar, auf welchen Prozessen die Vererbung beruht. Gene, gewissermaßen der Nährboden der Evolution, waren vor 150 Jahren unbekannt. Doch alle wesentlichen Erkenntnisse späterer Forschergenerationen fügten sich fast nahtlos zu Darwins Gedanken hinzu, ergänzten und komplettierten sein Werk.

„Licht wird fallen auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte“, schrieb Darwin im „Ursprung der Arten“. Es ging ihm um mehr als Tauben, und er sollte mehr als Recht behalten.

Wie hat uns die Evolution geprägt? Eigentlich hat sich der moderne Mensch da-

ran gewöhnt, sich die Natur vom Leibe zu halten. Vor ihren Einflüssen geschützt, in klimatisierten Büros, wohlgenährt und mit Fernbedienung ausgestattet, betrachtet der Zeitgenosse das Naturschauspiel aus einiger Entfernung. Die Distanz wird umso größer, je mehr er die Natur verklärt und verkitscht. Dabei hat der Gegenwartsmensch aus den Augen verloren, dass er selbst ein Produkt der Evolution ist. Es gibt sie, die menschliche Natur.

„Nichts in der Biologie ergibt Sinn, außer im Licht der Evolution“, schrieb der Biologe Theodosius Dobzhansky. Man könnte diesen Satz abwandeln: „Nichts in der Kultur ergibt Sinn, außer im Licht der Evolution.“ Natürlich ist das eine Übertreibung. Aber sie enthält mehr als ein Körnchen Wahrheit. Die Muster der Evolution sind in den Teppich der Zivilisation eingewebt, auch wenn es nicht immer leicht fällt, sie zu erkennen.

Das Leben auf der Erde ist vor etwa 3,5 Milliarden Jahren entstanden. Es hat sich in diesem unvorstellbar großen Zeitraum bis in die Gegenwart ständig weiter entwickelt. Umgekehrt heißt das, dass jeder heute lebende Mensch seine Vorfahren bis zu den primitivsten Urtieren zurückverfolgen könnte, zumindest theoretisch. Auf dieser Reise zu den Ursprüngen stellt man fest, dass die Entfernung, die man zu den Anfängen der ersten menschlichen Hochkulturen vor einigen tausend Jahren zurücklegt, kaum mehr als ein Millionstel der Gesamtstrecke beträgt. Das entspricht ein bis zwei Millimetern von einem Kilometer. Gemessen an der Geschichte des Lebens wurden die Pyramiden sozusagen vorgestern erbaut.

Und noch etwas würde bei dieser Expedition auffallen. Die Tatsache, dass es keine Brüche in der Entwicklung gibt, nur allmähliche Übergänge. Die Natur macht keine Sprünge. Vieles, was den Menschen ganz besonders auszeichnet, ist bei näherem Hinsehen gar nicht so einzigartig. Sprache, Moral, Tradition, all diese Dinge sind zumindest in Ansätzen schon bei einigen Tieren vorhanden und vermutlich in den Genen angelegt. Der Mensch ist kein unbeschriebenes Blatt,

wenn er auf die Welt kommt. Er ist kein Stückchen Ton, das man so zurechtkneten kann, wie es einem passt. Der Charakter sei „geprägte Form, die lebend sich entwickelt“, schrieb Goethe. Überträgt man die „geprägte Form“ in die Welt der Biologie, dann hat man es mit dem Genom zu tun, das den Menschen formt. Die spannende Frage ist, wie sehr die Gene uns prägen. Sind sie, mit Goethe, das „Gesetz“, nach dem wir „angetreten“ sind, oder können wir ihnen „entfliehen“?

Manche Evolutionsforscher glauben, dass Menschen „Mammutjäger in der Metro“ sind, wie das Buch des Wissenschaftspublizisten William Allman lautet. Hinter der Fassade des Angestellten in Schlipf und Kragen, der morgens in der U-Bahn sein Notebook aufklappt, lauert ein haariger Urmensch, der seine Triebe nur schwer im Zaum halten kann. Nach dieser Theorie wiegt das in den Genen festgeschriebene evolutionäre Erbe der Steinzeit so schwer, dass die Zivilisation nur Kulisse ist.

Andere Wissenschaftler sind weniger fatalistisch. Ihrer Ansicht nach ist die Evolution keine Einbahnstraße, die von der Biologie in Richtung Kultur führt. Vor ein bis zwei Millionen Jahren muss der Mensch gelernt haben, über die Horde hinauszudenken, sagen sie. Er muss gelernt haben, in größeren Gemeinschaften zu kooperieren und voneinander zu lernen. So wurde das Fundament der kulturellen Evolution gelegt. Diese wiederum fachte den Wettbewerb zwischen Gruppen an. Je sozialer diese waren, je besser also ihr innerer Zusammenhalt war, umso höher standen ihre Überlebenschancen. Die Moral könnte aus dem Geist der Gemeinschaft entstanden sein.

Mit dem Entziffern des menschlichen Erbguts hat die Genetik der Diskussion um die evolutionären Wurzeln des Menschen eine weitere Dimension hinzugefügt. Es ist möglich, im Genom nach jenen Anlagen zu suchen, die „typisch Mensch“ sind. Nach allem, was bislang bekannt ist, existiert „das“ Menschen-Gen, das Homo sapiens von sei-

nen nächsten Verwandten im Tierreich trennt, nicht. Stattdessen sind es viele große und kleine genetische Unterschiede, die dem Menschen trotz aller familiären Nähe zu anderen Primaten seine Eigenart verleihen.

Aber selbst hier kommt wieder die Kultur ins Spiel. Nicht als Gegenspieler der Natur, sondern als Erweiterung. Die menschliche Fähigkeit, zu lernen und sich anzupassen, hat zugleich den Druck der natürlichen Auslese verringert. Die Zivilisation schützt auch vermeintlich Schwache. Sie hat selbst dem Brillenträger das Überleben ermöglicht. So ist es paradoxer Weise die Kultur, die die genetische Vielfalt des Menschen vergrößert.

Dass der Mensch eines Tages die ganze Erde besiedeln würde, die Ozeane

### Die Menschennatur ist ein Mischpult – sie hat Regler, an denen sich die Kultur austobt

überqueren und in das Weltall aufbrechen würde – all das war kein genetischer Masterplan, sondern das kollektive Werk lehrfähriger Lebewesen. Es spricht für die „Weisheit“ der Natur, dass sie den Menschen nicht bis in den letzten Winkel seines Wesens durchgeplant, sondern ihn mit der Fähigkeit zu lernen ausgestattet hat. Die Gene werden oft nur als Quelle von Defekten und Krankheiten gesehen, als schicksalhaft im schlechten Sinn. Aber hier zeigen sie sich von ihrer besten Seite. Wir verdanken ihnen, dass wir lernen können, ein Gedächtnis entwickeln. Das gibt uns Freiheit, macht den Menschen zu einem Möglichkeitswesen.

Im menschlichen Geist treffen Biologie und Kultur, Begabung und Bildung zusammen. Es ist eine durchaus musikalische Harmonie. Der Wissenschaftsautor Dan Jones bezeichnet in der Zeitschrift „Nature“ die menschliche Natur als ein Mischpult. Das Mischpult besitzt viele Schalter und Regler, an denen sich die Kultur austoben, unterschiedliche Töne und Melodien hervorlocken kann.

Vieles ist möglich, aber nicht alles. Die Ausstattung des Mischpults gibt die Grenzen vor. Aus einem Menschen ohne Taktgefühl wird beim besten Willen kein Mozart, aus einer mathematischen Durchschnittsbegabung kein Professor für theoretische Physik.

Ein Beispiel für das Zusammenspiel ist die Sprache. Der Mensch hat nicht nur die zum Sprechen notwendige Anatomie, spricht die „Hardware“, sondern auch die nötige „Software“ im Gehirn. Die Fähigkeit zu sprechen ist ihm in die Wiege gelegt. Aber welche Sprache er lernt, ob Englisch, Deutsch oder Japanisch, das hängt von der Kultur ab, in der er aufwächst. Gleich neben der Fakultät für Sprache liegt die für Mathematik. Auch ein Sinn für Zahlen und Geometrie ist offenbar angeboren. Nicht zu vergessen die Moral, ja sogar der Hang zum Religiösen. Selbst sie sind womöglich universell, in jedem angelegt.

Es ist ein faszinierendes Gedankenexperiment, die Erfolgsrezepte der Evolution auf die Kultur zu übertragen. Selbst in den Hervorbringungen der Zivilisation könnte es so etwas wie Auslese geben. Ist es möglich, dass sich verschiedene Ideen einen Wettkampf um Speicherplatz in unserem Gehirn liefern? Dieser Gedanke stammt von dem Biologen und Buchautor Richard Dawkins. Für ihn ist Evolution fast ein kosmisches Prinzip, nicht an schöne Biochemie und Gene gebunden. Die „Gene der Kultur“ nennt er Meme. Ob Dawkins' These selbst mehr ist als ein interessantes „Mem“, muss sich noch herausstellen.

„Licht wird fallen auf den Ursprung des Menschen“: 150 Jahre nach dem Erscheinen von Darwins Hauptwerk ist diese Prophezeiung zu einem Gutteil in Erfüllung gegangen. Aber die „Evolution in Natur, Technik und Kultur“, wie das Jahresthema der Berlin-Brandenburgischen Akademie für 2009 und 2010 lautet, hat so viele Facetten, dass sie noch mindestens 150 weitere Jahre für anregende Diskussionen sorgen wird.

— Der Autor leitet das Wissenschaftsressort des Tagesspiegels.

### EDITORIAL

## Evolution in Natur, Technik und Kultur

VON GÜNTER STOCK

Die Akademie als ein Ort des interdisziplinären Dialogs hat es sich zur Aufgabe gemacht, das Themenfeld „Evolution“ aus verschiedenen Blickwinkeln kontrovers zu diskutieren. Dabei waren wir uns von Anfang an der Tatsache bewusst, dass die besondere Berücksichtigung kulturwissenschaftlicher und technischer Aspekte und deren Übertragung auf den genuin biologischen Begriff „Evolution“ auf Widerspruch stoßen würden.

Es gibt nach Kopernikus keine Theorie, die unsere Wahrnehmung und unser Verständnis der lebendigen Welt so sehr revolutioniert hat wie die Evolutionstheorie. Dank ihrer erklärenden und verschiedene Beobachtungen integrierenden Kraft wurde sie zum zentralen Prinzip der modernen Biologie und liefert uns die Erklärung für die Vielfalt des Lebens auf der Erde – ein, wie wir finden, spannendes intellektuelles Abenteuer!

Wie bereits mit dem ersten Jahresthema 2007/2008 „Europa im Nahen Osten – Der Nahe Osten in Europa“ ist es auch diesmal gelungen, unterschiedliche Institutionen zusammenzuführen, Projekte und Perspektiven für eine Zusammenarbeit zu entwickeln und das gewaltige Potential zu illustrieren, das sich aus der kreativen Verbindung von Wissenschaft und Kultur ergibt. Rund zwanzig Forschungs- und Kultureinrichtungen haben sich bislang zu einer Kooperation bereit erklärt, unter anderem das Museum für Naturkunde, das Zentrum für Literaturforschung, der Botanische Garten und das Botanische Museum der Freien Universität Berlin, das Berliner Medizinhistorische Museum der Charité, das Gläserne Labor auf dem Campus Berlin-Buch, das Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie und das Staatsballett Berlin.

Die zukünftigen Aktivitäten stehen in engem Zusammenhang mit dem Jubiläumsjahr „Berlin – Hauptstadt für die Wissenschaft W 2010“. Hierzu gehören Zukunftsfragen wie die Folgen des menschlichen Eingriffs in die Evolution durch neue biowissenschaftliche Verfahren. Wie sich Künstler die Zukunft der Evolution vorstellen, führen bereits jetzt die „postevolutionären Modellorganismen“ Reiner Maria Matysiks vor Augen, mit denen diese Sonderbeilage bebildert ist.

Auf den folgenden Seiten möchten wir einen Einblick in die Vielgestaltigkeit der wissenschaftlichen Disziplinen, der Perspektiven und künstlerischen Positionen geben, mittels derer die Akademie den Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Kunst wagt. Unser besonderer Dank gilt den Mitgliedern der Akademie als Autoren der Beilage und unseren Kooperationspartnern, die spezifische Themen und Aspekte ihrer Institutionen in das „Jahresthema“ eingebracht haben. Eine besondere Freude ist es, dass Journalisten und Redakteure des Tagesspiegels dieses spannende Abenteuer begleiten und mitgestalten.

— Der Autor ist Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.



Günter Stock

### INHALT

VOR DEM ERSTEN WORT .....	B2
Haben Affen eine Sprache? Das fragen sich Forscher seit über 100 Jahren.	
WIE DIE FEDERN ZUM VOGEL .....	B3
Auch hoch entwickelte Kulturen bleiben auf die Natur angewiesen.	
WOHER WIR KOMMEN .....	B4
Svante Pääbo ist dem Erbgut des Neandertalers auf der Spur.	
WANDEL DES GÖTTLICHEN .....	B5
Sind bei der Entstehung von Religionen evolutionäre Prozesse am Werk?	
AUF DARWIN'S SPUREN .....	B6
Das Berliner Naturkundemuseum.	
VOM FREIEN WILLEN .....	B7
Wie menschliches Handeln und Denken gelenkt wird.	
TANZ UND URSIGNALE .....	B8
Ein Gespräch über Bienen und Ballett.	

Seit ihrer Gründung im Jahr 1700 durch Gottfried Wilhelm Leibniz wurde in der Akademie der Wissenschaften über die Evolution und ihre zahlreichen Facetten nachgedacht. Für diese Beilage haben wir Mitglieder der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften aus den verschiedensten Disziplinen gebeten, sich aus der Sicht ihres jeweiligen Fachgebietes Gedanken zum Thema „Evolution“ zu machen.



**PROF. DR. ANGELA FRIEDERICI**  
Kognitive Neurowissenschaft  
Die Sprache ist eine der spezifischen menschlichen Fähigkeiten. Alles deutet darauf hin, dass diese Fähigkeit auf Hirnstrukturen basiert, die sich in der Evolution erst spät entwickelt haben, und bei nicht-menschlichen Primaten noch nicht in voller Ausprägung vorhanden sind. Die entsprechenden neuronalen Netzwerke bestehen aus einer Anzahl von über Faserbündel miteinander verbundenen Hirnregionen, deren Entwicklung für die Phylogenese der Sprache von besonderer Bedeutung ist.

**PROF. DR. GÜNTHER HASINGER**  
Astrophysik  
Darwins Evolution von Mutation und Selektion ist die Fortsetzung der kosmischen Entwicklung mit biologischen Mitteln. Die Kosmologie zeigt „Survival of the fittest“ auf multiversalem und galaktischem Maßstab!



**PROF. DR. KLAUS LUCAS**  
Thermodynamik  
Im Zusammenspiel mit schnellen Rechnern und realistischer Simulationssoftware ermöglicht das Evolutionsparadigma die Entwicklung und Optimierung komplexer technischer Strukturen. Durch die immer wieder neue Anwendung von Mutations- und Selektionsschritten über viele Millionen Varianten hinweg findet man die optimale Lösung im Sinne einer Anpassung an eine vorab definierte Fitnessqualität.

**PROF. DR. DETLEV GANTEN**  
Molekulare Medizin, Pharmakologie  
Unsere Körper sind Meisterwerke der Natur, und doch alles andere als perfekt. Wir sind der lebende Kompromiss aus unseren evolutionären Vorgängern, den Affen, Amphibien, Fischen, Einzellern, Algen, Bakterien und Viren. Wir tragen das Erbe von 3,5 Milliarden Jahren Evolution in unseren Genen. Wir werden krank, weil unsere Steinzeitkörper sich noch nicht an das moderne Leben angepasst haben.

EVOLUTION IN NATUR UND TECHNIK Gedanken zum Jahresthema 2009/2010

# Noch vor dem ersten Wort

Haben Affen eine Sprache? Das fragen sich Forscher seit mehr als 100 Jahren. Die Lösung ist nahe

VON JULIA FISCHER

Im September 1892 schiffte sich der Naturforscher und Abenteurer Richard Garner aus den USA in Richtung Westafrika ein, um in den Urwäldern Gabuns die Kommunikation von Affen in freier Wildbahn zu studieren. Garner war überzeugt, dass nicht nur der Mensch mit Sprache begabt sei, sondern diese Fähigkeit zumindest in rudimentärer Form mit anderen Tieren teilt. Zudem hatte Garner ein Faible für technische Entwicklungen: So lieh er sich einen der ersten Phonographen aus, um im Zoo von Brooklyn Aufnahmen der Schreie und Grunzer der dort hausenden Affen zu machen. Mehr noch, er spielte sie den Affen anschließend wieder vor, um aus ihren Reaktionen etwas über ihre Bedeutung zu erfahren.

Abenteurerlust und eine gewisse Begeisterung für technische Geräte – das sind nach wie vor wichtige Voraussetzungen, wenn man die Kommunikation von Affen in freier Wildbahn untersuchen will. Denn im Prinzip hat sich seit den Tagen von Garner nicht viel verändert: Heute laufen wir zwar mit digitalen Aufnahmegegeräten durch Regenwald oder Savanne, verwenden hochempfindliche Richtmikrophone und unterziehen die Lautmuster computergestützten akustischen Analysen. In manchen Fällen schleppen wir sogar robuste Lautsprecher durch die Wildnis, hieven diese in das Kronendach der Bäume oder verstecken sie im dichten Gebüsch. Mit Videokameras zeichnen wir dann die Reaktionen der Affen auf das Vorspiel der Laute auf und klassifizieren diese später auf der Basis von Einzelbildanalysen. Doch im Grunde wollen wir immer noch auf die gleiche Frage hinaus, die auch Garner umtrieb: Was bedeuten die Laute der Affen? Lässt sich die Lautgebung unserer nächsten Verwand-

ten mit der menschlichen Sprache vergleichen? Wie ist Sprache während der Evolution entstanden?

„Sprache“ ist jedoch kein Merkmal, dessen An- oder Abwesenheit wir so einfach festlegen könnten, wie es zum Beispiel bei Federn möglich ist. Sprache lässt sich als ein Symbolsystem begreifen, dessen Elemente (zum Beispiel Wörter) regelhaft (durch Syntax oder Grammatik) zu neuen bedeutungsvollen Einheiten (wie Sätzen) zusammengesetzt werden können. Nun ist offensichtlich, dass keines der uns bekannten Tiere in einer Weise kommuniziert, die unserer eigenen Sprache entspricht. Aber vielleicht lassen sich einfachere Formen finden, die zumindest einige der basalen Kriterien erfüllen?

Einen ersten Hinweis, dass Affenlaute vielleicht mehr sind als nur ein „Ausdruck der Gemütsbewegungen“ (um den Titel eines Darwin-Werkes zu zitieren), ergab eine Studie der Alarmrufe von Grünen Meerkatzen im Amboseli Nationalpark in Kenia. Grüne Meerkatzen sind etwa katzenartige Tiere, die von Leoparden ebenso gejagt werden wie von Raubvögeln. Zudem stehen sie auf dem Speiseplan von Schlangen. Den verschiedenen Jagdstrategien ihrer Raubfeinde setzen die Affen verschiedene Fluchtstrategien entgegen: So klettern sie beim Anblick eines Leoparden in die äußersten Zweige eines Baumes, wohin der Jäger sie nicht verfolgen kann. Andererseits ist dies kein guter Aufenthaltsort, wenn ein Kronenadler am Himmel kreist: Hier empfindet es sich, schleunigst aus dem Baum zu klettern und sich im Gebüsch zu verstecken. Besonders bemerkenswert ist, dass die Affen auch unterschiedliche Alarmrufe als Reaktion auf die verschiedenen Raubfeinde äußern. Mehr noch: Allein das Vorspiel der Laute reicht aus, um die adäquaten Reaktionen auszulösen. Waren diese Laute „Wörter“? Oder zumindest rudimentäre Symbole?

Die Publikation der entsprechenden Studie, die 1980 in der Fachzeitschrift Science erschien, rief zunächst großes mediales Interesse hervor. Doch je genauer man sich die Sache ansah, desto klarer wurde, dass die Alarmrufe der Affen wenig mit Sprache gemein haben: Zum einen ist die Struktur der Laute ange-



Ein Blick sagt mehr als 1000 Worte. Doch „sprechen“ Affen auch miteinander? Heute weiß man, dass sie sich durch ausgeklügelte Alarmlaute vor Feinden warnen. Doch diese Fähigkeit scheint weitgehend angeboren zu sein. Foto: picture-alliance/dpa

boren und die Tiere können sie auch nicht willentlich beeinflussen. Alle Grünen Meerkatzen in Afrika haben also mehr oder weniger die gleichen Alarmrufe, und sie wären auch nicht in der Lage, die Rufe von anderen zu imitieren.

## Richard Garner lieb sich einen der ersten Phonographen für Aufnahmen im Zoo

Zum anderen beziehen sich die gleichen Laute überall auf mehr oder weniger die gleichen Kategorien: also „Leoparden-Alarmrufe“ auf große Landräuber, „Adler-Alarmrufe“ auf Luftfeinde. Was die Tiere allerdings lernen, ist zu unterscheiden, welche Vögel wirklich eine Gefahr darstellen. So kann man beobachten, dass Jungtiere auf alles Mögliche, was

von oben kommt, einschließlich eines fallenden Blattes, einen „Adler-Alarmruf“ von sich geben, später im Leben aber nur noch, wenn es sich wirklich um einen gefährlichen Raubvogel handelt.

Die größten Veränderungen in der Entwicklung aber zeigen sich bei den Reaktionen der Zuhörer. Die Tiere müssen individuell lernen, dass ein spezifischer Alarmruf das Erscheinen eines bestimmten Raubfeindes nach sich zieht. Sie können dann die Laute der anderen nutzen, um anzukündigen, was als nächstes passiert. Die Lernfähigkeit ist ganz erstaunlich und nicht nur auf die Laute von Artgenossen beschränkt. So achten Affen auf die Alarmrufe anderer Affenarten ebenso wie auf die von Vögeln oder Antilopen. Wer einmal die Gelegenheit erhält, über einen längeren Zeitraum mit Tieren in der Wildnis unterwegs zu sein, wird dies nicht überraschend finden: Es zählt sich für jede Art aus, Hinweise auf

Futter oder Raubfeinde ernst zu nehmen. Das gilt auch für Affenforscher, denen die Alarmrufe der Tiere bedeuten, dass möglicherweise gleich ein Löwe auftaucht.

So spektakulär die Geschichte mit den Alarmrufen der Grünen Meerkatzen also zunächst schien, so war sie doch auch schnell wieder entzaubert. Weder Grüne Meerkatzen noch Schimpansen oder andere Affen verwenden lautliche oder gestische Symbole. Stattdessen scheinen die Rufe weitgehend angeboren zu sein. Raffiniert wird die Kommunikation vor allem dadurch, dass die Tiere ausgesprochen intelligent sind, wenn es um die Interpretation von Lauten geht. Die Beschränkung in der Lautproduktion ist dabei nicht einzig die Folge anatomischer Unterschiede. Es ist zwar richtig, dass Menschen im Gegensatz zu Affen einen abgesenkten Kehlkopf haben, der ihnen die hohe Beweglichkeit der Zunge und da-

mit eine rasche Artikulation ermöglicht. Aber das allein erklärt das Fehlen einer Symbolsprache nicht. Bemerkenswert ist auch, dass einzelne Menschenaffen durch geduldiges Training dazu gebracht werden können, Symbolplättchen oder Gebärden zu verwenden, um mit dem Menschen zu interagieren. Doch bislang fehlt jede Evidenz dafür, dass die Tiere in der Wildnis symbolisch kommunizieren. Auch bezüglich ihrer syntaktischen Fähigkeiten sind die Affen eher eingeschränkt: Manche Affenarten geben zwar Rufserien von sich, die nicht völlig zufällig sind. Sie folgen aber keinen klaren Regeln. Vielmehr treten bestimmte Laute – je nach Situation – eher am Anfang oder am Ende einer Sequenz auf.

Stehen wir also nun mit leeren Händen da? Was die Ursprünge der menschlichen Sprache angeht – vielleicht. Die Kommunikation der Affen zeigt kaum Gemeinsamkeiten mit den verbalen Aspekten der menschlichen Sprache. Die Kontinuität in der Evolution zeigt sich vielmehr im Nonverbalen, da sich gemeinsame Prinzipien im Ausdruck von Erregung und Gefühl finden lassen. Selbst wenn uns die Suche nach dem Ursprung der Sprache vielleicht nie zum Ziel führen wird, so gewinnen wir auf dem Weg doch viele wertvolle Erkenntnisse.

Zum Beispiel verstehen wir nun, wie man mit einem limitierten Satz von angeborenen Lauten ein effektives Kommunikationssystem erzeugen kann. Wir wissen auch, dass die Limitationen hinsichtlich der Sprachfähigkeit eher beim „Sender“ zu suchen sind als beim „Empfänger“, denn anscheinend verfügen Affen über die Fähigkeit, Lauten Bedeutung zuzuwenden, oder auch feinste Unterschiede in Lautmustern wahrzunehmen. Ein heißes Thema sind daher zurzeit die genetischen Grundlagen der Sprachfähigkeit. Wenn wir diese besser verstehen, dann kommen wir vielleicht der Frage auf die Spur, was sich im Laufe der Evolution getan hat, bevor das erste Wort gesprochen wurde.

— Die Autorin ist Professorin für Kognitive Ethologie an der Georg-August-Universität Göttingen und forscht am Deutschen Primatenzentrum. Seit 2007 ist sie Mitglied der Akademie.

## Vom Feuerstein zur Mondfähre

Werkzeuge zu schaffen, liegt seit jeher in der Natur des Menschen. Der technische Fortschritt hat auch die biologische Evolution beeinflusst

VON HANS-GÜNTHER WAGEMANN

Technik begleitet den Menschen seit seiner Urgeschichte. Erste tastende Versuche waren darauf gerichtet, Werkzeuge zu schaffen und zu benutzen. Dazu gehörten die Bewahrung des Feuers, die Herstellung von Speeren zur Jagd und zur Verteidigung sowie das Schärfen der Feuersteinklingen und das Gerben der Tierfelle.

Diese ersten technischen Leistungen wurden von Familienverbänden erbracht, da Kinder, Alte und Frauen versorgt und geschützt werden mussten. Dabei war Kommunikation von entscheidender Bedeutung. So entstand vor fast einer Million Jahren eine einfache Sprache, um sich über Bedürfnisse abzustimmen und Erfahrungen auszutauschen. Das Spre-

chen veränderte Gehirn und Sprachorgan der Urmenschen. Technische und körperliche Entwicklung gingen dabei Hand in Hand.

Die neuen Fähigkeiten veränderten vieles. Schon als Jäger der Urzeit zähmte der Mensch die ersten Haustiere, aus dem Wolf wurde der Begleiter Hund, aus dem Wildpferd sein Lasttier, aus dem Büffel die milchspendende Kuh. Dabei musste sich der menschliche Magen an den Genuss der Kuhmilch erst gewöhnen. Weitere physiologische Wandlungen waren nötig, als der Nomade sesshaft wurde, aus Gras Getreide gewann und verzehrte. Ebenso, als er aus gegorenen Früchten alkoholische Getränke bereitete und genoss. Indem wahrscheinlich technische Herausforderungen als Auslö-

ser für physische und psychische Entwicklungen dienten, bedingten sich technische, biologische und kulturelle Evolution des Menschen gegenseitig.

Die körperliche Evolution des Menschen vollzog sich nach den Regeln, die Darwin für die Biologie erkannt hat. Der in den Stammzellen festgelegte Genotyp mit den DNA-Kombinationen der Eltern bewahrt die Wesenszüge der Spezies durch Vererbung, während sich der Phänotyp als das Individuum „im Leben“ zu bewahren hat und dafür durch die erfolgreiche Weitergabe seiner Gene an die nächsten Generationen belohnt wird.

Wie ist dieser Zweierschritt von Vererbung und Bewahrung in die Technik zu übersetzen? Die technische Leistung, die Erfindung oder „Invention“, entsteht

meist durch intellektuelle Bemühung von Gruppen. Manchmal haben einzelne dafür bahnbrechende Ideen. Diese werden diskutiert, publiziert, patentiert und bilden als Wissensschatz den „Genotyp“ der Technik. Als Erscheinungsbild der Technik treten uns dann „Innovationen“ entgegen in Form von Geräten, Apparaten, Maschinen und Automaten – vom Feuersteintmesser des Urmenschen, den mit Rädern ausgestatteten Streitwagen der Sumerer, den Schwertern aus neuartigem Eisen der Hethiter bis hin zum Fluggerät des Otto von Lilienthal, dem ersten Kernreaktor des Enrico Fermi in Chicago, dem ersten MAC-Großrechner der MIT-Wissenschaftler oder der Eagle-Landfähre beim ersten Mondbesuch des Menschen.

Aber wie bewährt sich eine technische „Innovation“ in der Praxis, „im Leben“? Wo finden wir die Anpassungs- und Selektionsmechanismen wie in der biologischen Evolution? Die entscheidende Umgebung ist immer der „Markt“ mit seinen Spielregeln, auf dem angeboten wird, in Gegenwart von Konkurrenz. Heute wird meist versucht, mit Werbung die „Bewährung“ eines neuen Produkts auf dem Markt zu verbessern. Wenn kein Durchbruch gelingt, verschwindet es wieder, die Innovation hat gleichsam keine Nachkommen.

Technische Entwicklung und industrielle Produktion im Zeitalter der Hochtechnologien bilden einen sensiblen Prozess, bei dem kulturelle und soziale Aspekte eine wichtige Rolle spielen. Zunächst soll das neue Auto geräumig, schick und trotzdem sparsam sowie preis-

wert sein, damit der Kunde es annimmt. Gleichzeitig muss der Hersteller rationell mit seinen Betriebsmitteln umgehen, Baukasten-Strategien bei der Typenvielfalt anwenden, kleine Lagerhaltung der Bauteile verfolgen und möglichst wenige Mitarbeiter beschäftigen. Doppelte soziale Verantwortung zeichnet so den guten Unternehmer aus: zugunsten der Käufer, aber auch gegenüber der Belegschaft.

## Was der Markt nicht braucht, stirbt aus

Nicht nur einzelne Produkte, ganze Produktionsstandorte müssen sich am Markt bewähren. Evolution der Technik findet dabei immer neue Wege, soziale Stabilität in der Gesellschaft zu bewahren, obwohl diese häufig aus Profitgründen auf Spiel gesetzt wird, was wir in jüngster Vergangenheit in vielen Branchen zu beklagen haben.

Es ist interessant, über Produkte nachzudenken, die sich auf dem Markt anpassen mussten, um ihre Existenz zu sichern. Die Informationstechnik bietet dafür viele Beispiele. Bedenken wir, wie die menschliche Gesellschaft den Verlauf ihrer Entwicklung dokumentiert hat. Die alten Ägypter schlugen ihre Geschichte mit Hieroglyphen für die Ewigkeit in den Fels. Im Mittelalter Europas berichteten Mönche handschriftlich auf haltbarem Pergament über die Zeitläufe. Gutenbergs Buchdruck schenkte alles zu perfektionieren, bis die Verbilligung der gedruckten Ware in den Vordergrund rückte und heute viele

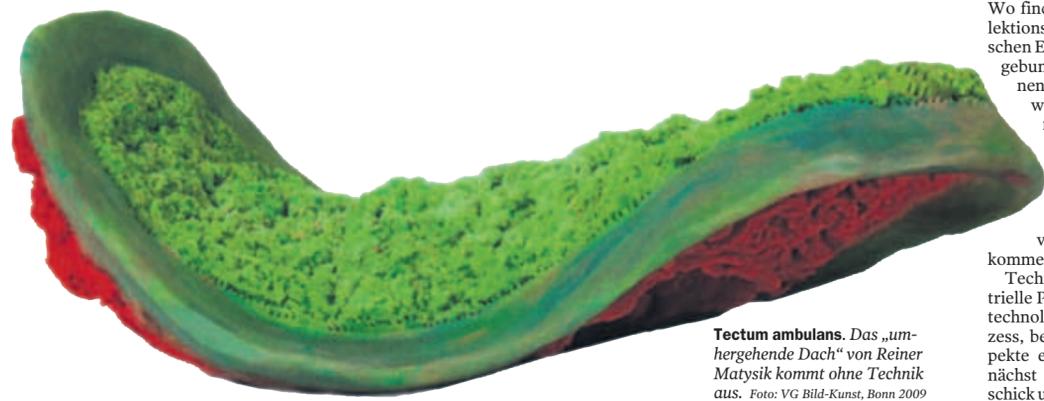
Bücher innerhalb weniger Jahre vergilben und unlesbar werden.

Die Technik erfand neue „Medien“ zur Speicherung von Informationen. Zunächst den papierernen Lochstreifen und die Lochkarten, danach die Magnetbänder aus Kunststoff, dann die Magnetscheiben als „Floppy Disc“ und schließlich die optisch-lesbare CD. Im Rechner ist heute neben der Magnetplatte ein Halbleiterspeicher eingebaut, der riesige Informationsmengen aufnimmt. Im Memory-Stick lassen sich auf kleinstem Raum ganze Bibliotheken speichern. Aber wie lange noch? Das technische Prinzip beinhaltet, dass sich mit der Zeit Fehler einschleichen können, bis irgendwann alles unlesbar ist. Werden künftige Generationen die Berichte unserer Zeit lesen können?

Solche Vorgänge wie der Verlust einmal erworbener Fähigkeiten finden aber auch in der biologischen Evolution statt. So büßte der Vogel Dronte seine Flugfähigkeit ein, weil er auf den Inseln im Indischen Ozean genügend Nahrung am Boden fand. Dadurch war er neuen Verfolgern wie eingeschleppten Ratten schutzlos bis zu seiner Ausrottung ausgesetzt.

Der augenscheinlich parallele Ablauf von biologischer Evolution und technischer Entwicklung begründete die kulturelle Evolution des Menschen. Wenn sich der Mensch in seinen vielfältigen Fähigkeiten evolutionär entwickelt hat, dann gilt dies auch für die vom Menschen gemachte Technik.

— Der Autor ist Akademiestadtrat und war bis zu seiner Emeritierung 2003 Professor für Halbleitertechnik an der Technischen Universität Berlin.



Tectum ambulans. Das „umhergehende Dach“ von Reiner Matsysik kommt ohne Technik aus. Foto: VG Bild-Kunst, Bonn 2009



**PROF. DR. GÜNTER M. ZIEGLER**  
Mathematik

Mathematik ist eine Wissenschaft, die aus Ideen gemacht wird. Die Evolution dieser Ideen ist faszinierend, und sie ist wichtig für den Zugang und für das Verständnis der heutigen hochentwickelten Mathematik: Ohne Verständnis der Evolution kein Verständnis der Ideen! Für die Erforschung und für die Darstellung der Evolution der Ideen ist die Akademie ein idealer Ort.

**PROF. DR. DR. H. C. MULT. MEINHARD VON GERKAN**  
Architektur

Seit Jahrtausenden stand die Behausung der Menschen in einer harmonischen Symbiose zur Natur. Zugleich hat die Architektur in der jeweiligen Evolutionsstufe alle Optionen zur symbolischen Demonstration von Religion, Macht und Gesellschaftswerten ausgedacht. Seit den Quantensprüngen der Industriegesellschaft und zuletzt der Digitalisierung ist die Architektur als geistig-physischer Lebensraum aus den Fugen geraten: quantitativ und qualitativ. Die nächste Stufe der Evolution heißt nicht Maximierung, sondern Balance und Minimierung.



**PROF. DR. ANDREAS VOSSKUHL**  
Rechtswissenschaft

Es braucht keine Katastrophen. Moderne Krisen setzen Recht unter Druck. Konfliktlösung und Steuerung wird es auch in Zukunft nur leisten, wenn es sich auf Herausforderungen einlässt. Evolutorisches Recht ist: kluges Recht, das aus Fehlern lernt, wachsame Recht, sensibel für seine Umwelt, prinzipienfestes Recht, das sich durchsetzt. Evolutorisches Recht ist gleichzeitig immer fragmentarisches Recht. Ein Recht, das alles will, zerbricht an seinem eigenen Anspruch.

**PROF. DR. LUCA GIULIANI**  
Klassische Archäologie

Die wesentliche Herausforderung, die von Darwins Evolutionstheorie für Kulturwissenschaftler ausgeht, besteht nach wie vor darin, das Aufkommen und die Veränderung komplexer Kulturphänomene nicht von ihrem Ergebnis her, als teleologische Entwicklung zu verstehen, sondern als offenen Prozess, als Wechselspiel zwischen kontingenter Variation und milieubedingter Selektion.

Fotos: U. Dahn/TU Berlin 2007, privat

## EVOLUTION IN DER KULTUR Gedanken zum Jahresthema 2009/2010

# Wie das Federkleid zum Vogel

Natur und Zivilisation sind keine Gegensätze. Die Entwicklung des Menschen in seiner Kultur hängt auch von seinem biologischen Erbe ab

VON VOLKER GERHARDT

Erkennen heißt unterscheiden. Wer die Eigenart der Natur erkennen will, muss sie von dem, was nicht Natur ist, abgrenzen können. Also wird man das, was ursprünglich gegeben ist, und das, was daraus gemacht worden ist, auseinander halten. Angesichts der Differenz zwischen dem „Gegebenen“ und dem „Gemachten“ kann man dann die Technik, die Kunst oder die Gesellschaft der Natur gegenüberstellen.

Nach diesem Verfahren steht auch die Kultur der Natur gegenüber. Denn es macht offenkundig einen Unterschied, ob Menschen in Höhlen oder in Häusern leben, ob sie aus der hohlen Hand trinken oder sich einer Tasse bedienen. Problematisch aber wird es, wenn aus dem begrifflichen Kontrast unvereinbare Gegensätze werden. Denn was bliebe von Technik, Kunst, Gesellschaft und Kultur, wenn ihnen die Natur nicht zugrunde läge? Die Natur hingegen kommt allemal auch ohne diese Bereiche aus.

Gleichwohl ist die Versuchung groß, alles, was man von der Natur unterscheidet, in radikale Opposition zu ihr zu bringen. Wenn die politischen Theorien der Neuzeit einen „Naturzustand“ postulieren, aus dem der Staat mit seiner von Menschen gemachten Ordnung hervorgegangen sein soll, erscheint es selbstverständlich, von einem Gegensatz zwischen dem alten und dem neuen Zustand zu sprechen. Dann muss eine Rückkehr in den Naturzustand wie ein Rückfall erscheinen, der mit der Macht des Staates zu verhindern ist. Dann bewegt man sich in einer politischen Alternative, hinter der ein theoretischer Widerspruch zu stehen scheint: Was der Mensch mit so viel Blutvergießen errichtet hat, muss nicht nur etwas grundsätzlich Neues, sondern auch etwas völlig Anderes sein.

Tatsächlich ist die Entstehung des Staates eine echte Innovation in der Evolution der Kultur. Gleichwohl fällt er nicht aus der Natur heraus; er steht ihr auch nicht als etwas völlig Fremdes gegenüber. Denn erstens geht er in allen seinen Teilen aus ihr hervor; zweitens bleibt er in allen seinen Vorgängen auf sie angewiesen; und drittens wird er, sollten er oder die ihm folgenden Organisationen eines Tages ihr Ende finden, restlos in Natur übergehen.

Das hatte man eine Zeit lang vergessen. Es ist noch gar nicht so lange her, da wurden Philosophen, die sich auf die Natur des Menschen beriefen, als „reaktionär“

### Auch eine hoch entwickelte Gesellschaft ist auf ihre Wurzeln angewiesen

gescholten. Auf die Naturbedingungen des Staates hinzuweisen, galt als „biologischer“ Und wer nicht so systemkritisch war, den Staat mit einer Maschine, sondern mit einem Organismus zu vergleichen, der wurde einfach zu einem „Faschisten“ erklärt.

Das hat sich geändert. Zunächst wurden wir alle durch die ökologische Krise belehrt, die uns erkennen ließ, wie sehr gerade eine hoch entwickelte Zivilisation auf die Natur angewiesen bleibt. Dann kam die Wende zu den Lebenswissenschaften, die der Biologie und ihren Nachbardisziplinen endlich zu dem verdienten Ansehen verhalf. An diesem Erkenntnisbruch waren viele Wissenschaften und eine aufwändige Technologie beteiligt. Deshalb sollte man sich hüten, den Aufstieg der Biologie als „Paradigmenwechsel“ anzusehen und mit ihm den Abschied von den klassischen Naturwissenschaften der Physik und der Chemie zu feiern. Ein wissenschaftlicher und politischer Missgriff wäre es, den Biologen gar die „Deutungshoheit“ über das Leben zuzugestehen.



Zurück zum Ursprung. „Reductus volvens“ von Reiner Matysik verbindet seine Körperflüssigkeit mit dem Wasser. Foto: VG Bild-Kunst, Bonn 2009

Aufklärung über das Leben kann es nur im Verein verschiedener Wissenschaften geben. Dabei gilt, dass uns Wissenschaft und Technik, nicht, wie man lange irrtillich glaubte, immer weiter von der Natur entfernen, sondern uns im Gegenteil immer deutlicher erkennen lassen, wie sehr wir – als Menschen und damit als Wesen der Natur – auf diese angewiesen sind. Ein Beispiel dafür ist die erst in den letzten Jahren in Umlauf gekommene Rede von der Evolution der Kultur.

Evolution ist so sehr zum Leitbegriff der Biologie geworden, dass ihn manche Vertreter des Fachs am liebsten für sich reservieren möchten. Dass heute von der Evolution der Sterne, der Evolution der Religionen oder der Technik gesprochen wird, ist für sie ein Ärgernis. Nur wo es genetische Reproduktion, Selektion und Mutationen gibt, also nur wo Vererbung unter den Bedingungen natürlicher Auslese und der Voraussetzung nicht berechenbarer Veränderungen im Erbgut stattfinden, soll der Ausdruck zulässig sein. Doch wäre dem so, hätte Darwin erst gar nicht von Evolution sprechen dürfen. Denn von den Mutationen bei der Replikation der Gene wusste er noch nichts. Er hätte es sich überdies verbieten müssen, von der Evolution der Moral und der gesellschaftlichen Einrichtungen zu sprechen. Denn Institutionen und sittliche Gebote planen sich nicht fort. Vererbung im strengen Sinn gibt es nur bei Individuen, die ihre Sterblichkeit dadurch kompensieren, dass sie ihre genetische Ausstattung an den Nachwuchs weitergeben.

Nun ist es aber so, dass Darwin selbst offenbar gar keine Neigung hatte, den Begriff auf den Vorgang der Fortpflanzung von Individuen zu beschränken. Ihm kam es auf das in der Gattung hervortre-

tende Ergebnis der Entwicklung an. Für die Spezies sind die Individuen nur Beispiele, die anzeigen, was für den Charakter der Art bedeutsam ist. Tatsächlich ist die Biologie, so sehr sie sich auch mit dem einzelnen Organismus beschäftigt, auf allgemeine Formen des Lebens bezogen, die im Individuum lediglich ihren Repräsentanten haben.

kehrt man die Aussage um und sagt, dass die Formen des Lebens immer auch Repräsentationen individuell vererbter Eigenschaften sind, erkennt man, wie nahe die Biologie der Problemstellung in den Gesellschafts- und Kulturwissenschaften ist: Sie befasst sich mit generellen Erscheinungsweisen des Lebens, die das Dasein einzelner Exemplare nicht nur überdauern, sondern auch prägen und lenken. Und wenn dazu soziale Gebilde wie Paare, Rudel, Herden, Schwärme, Schwalbenkolonien und Termitenstaaten gehören, ist offenkundig, dass sie sich in ihrer Beschäftigung mit dem Menschen auch mit den sozialen, religiösen und politischen Leistungen dieses Lebewesens befassen muss. Damit bewegt sich die Biologie auf dem gleichen Terrain wie die Gesellschafts- und Kulturwissenschaften. Und wenn sie mit Blick auf ihre Phänomene den Begriff der Evolution gebraucht, dann dürfen es die anderen Disziplinen im Umgang mit denselben Problembeständen auch.

Die Übertragung des Evolutionsbegriffs auf die Erscheinungsformen der Kultur versteht sich auch deshalb von selbst, weil er lange vor Darwin darauf bezogen war. Der Ausdruck findet sich zum ersten Mal bei Leibniz. Der Begründer der Berliner Akademie bezeichnete damit die von ihm angenommene kontinuierliche Entwicklung der Lebewesen

aus einem von Anfang an gegebenen Keim, der in allen Samenzellen wirksam sein sollte. Von ihm nahm Leibniz an, dass er das künftige Individuum bereits in seinen elementaren Formen enthält, lange bevor er sich in den ausgewachsenen Exemplaren zur vollen Reife entwickelt. Sehen wir von dem erst im 20. Jahrhundert entdeckten Zufallsgenerator der Mutationen ab, hat der Philosoph damit durchaus Recht. Zwar sind die Gene keine mikroskopisch kleinen Lebewesen; aber deren Bauplan enthalten sie bis in die Einzelheiten. Darwin steht damit in einer durchaus evolutionär zu nennenden Entwicklungslinie des von Leibniz geprägten Begriffs.

Das gilt auch für dessen Übertragung auf gesellschaftliche Vorgänge, die sich nach dem Vorbild einer organischen Entwicklung als bruchlos und folgerichtig

### Wir erzeugen uns mit unserer Kultur selbst – und bleiben doch stets Wesen der Natur

verstehen lassen. Nach der Französischen Revolution lag es auf der Hand, die Evolution als Alternative anzusehen, die ohne Blutvergießen zu politischen Veränderungen führt. Darwin war mit dieser Pointe der Terminologie vertraut, und es hat ihn nicht gehindert, sich den Begriff zu eigen zu machen.

Man kann also sagen, dass von kultureller Evolution schon Jahrzehnte vor Darwin die Rede war. Doch der Ausdruck hat heute einen prägnanteren Sinn: Er versteht die Kultur als Fortsetzung der Natur mit anderen, mit erweiterten Mit-

teln, und er unterstellt, dass die Kultur von der Evolution der lebendigen Natur nicht ausgeschlossen ist. Sie bleibt Natur, auch wenn sie neue Erscheinungen hervorbringt. Tatsächlich gelingt ihr das mit jeder neu entstehenden Art.

Zu den Mitteln, mit denen die Natur sich kulturell entfaltet, gehört vor allem die vom Menschen entwickelte Technik. Sie bildet die Natur, und in ihr bildet der Mensch sich selbst. Dadurch, dass er die ihm von der Natur gegebenen Instrumente seiner Arme, Beine und Hände nutzt, um mit deren Hilfe Werkzeuge zu schaffen, die es in der Natur nicht gibt, macht er den entscheidenden Schritt zur Kultur. Zwar verbleibt er mit allem, was er ist und tut, in der Natur, die er unter keinen Umständen hinter sich lassen kann. Aber was er an Werkzeugen erfindet und mit ihrem Einsatz hervorbringt, befördert ihn weit über das hinaus, was in der gegebenen Umwelt ohne sein Zutun angetroffen werden kann.

Jedes Tier greift durch seine Lebensweise in seine Umwelt ein. Insekten, Fische, Vögel und zahllose Säuger verstehen sich auf den Einsatz gefundener Gegenstände, um an Nahrungsmittel heran zu kommen, ihre Jungen zu schützen oder Geschlechtspartner zu beeindrucken. Aber nur der Mensch setzt selbst geschaffene Werkzeuge ein, um neue herzustellen, mit denen er wieder andere hervorbringen vermag. Nicht das einzelne Werkzeug ist entscheidend, sondern die Vielzahl und Vielfalt sowie die in der wechselseitigen Anwendung erzeugte Steigerung der Fähigkeiten und Fertigkeiten.

In diesem Prozess bringt sich der Mensch, so wie wir ihn heute kennen, selbst hervor. Durch das, was er in der Domestizierung des Feuers, in der Perfek-

tionierung seiner Gerätschaften und in der Instrumentalisierung seines eigenen Körpers leistet, fordert er sich selbst heraus. Und so wächst er mit seinen Fähigkeiten. Es gehört zu den am besten belegten Tatsachen der Menschwerdung, dass sich Werkzeuggebrauch und Gehirnentwicklung wechselseitig bedingen. Das überproportionale Wachstum der Großhirnrinde ist zwar ein organischer Vorgang, aber der steht in direktem Zusammenhang mit der kulturellen Evolution des Menschen. Der Mensch erzeugt sich mit seiner Kultur selbst.

Die Kultur wird dadurch nicht, wie man früher gerne sagte, zur „zweiten Natur“, sondern sie ist die ihn bereits organisch, psychisch und intellektuell prägende spezifische Natur des Menschen. Sie gehört zum Homo sapiens wie die Flossen zum Fisch und das Federkleid zum Vogel.

Und die Frage der kulturellen Evolution bezieht sich darauf, wie sich der Mensch in und mit seiner Kultur entwickelt. Thema ist also nicht mehr, wie noch im älteren Verständnis von Evolution, die Entwicklung eines für sich bestehenden Gegenstandsbereichs. Die Theorie der kulturellen Evolution begnügt sich nicht damit, die Entfaltung des Staates, den Wandel der Gesellschaftsformationen, die Verfeinerung der Tischsitten zu untersuchen. Ihr geht es immer auch um das Schicksal des Lebewesens, das sich in der von ihm selbst in Gang gesetzten Veränderung seiner Welt selbst verändert.

Zu den großen Fragen einer Theorie der kulturellen Evolution gehört, worauf es in der Entwicklung des Menschen eigentlich ankommt. Die älteren Evolutionstheoretiker, vor allem die sogenannten Sozialdarwinisten, schärfen ihren Lesern ein, sich für den Daseinskampf zu rüsten, damit ihre hoffentlich zahlreichen Nachkommen Überlebensvorteile erbringen. Mit einem solchen Appell wurde jedes einzelne Individuum zum Agenten einer Evolution, die sich in der Dominanz ihrer Klasse, ihrer Nation oder ihrer „Rasse“ niederschlagen sollte. Dabei wurden genetische Veränderungen im einzelnen menschlichen Organismus unterstellt und der Reproduktionserfolg, also die Zahl der Nachkommen, blieb das entscheidende Kriterium.

Auf diese Annahme ist die kulturelle Evolution nicht festgelegt. Sie kann die Entwicklung des Menschen unter der Annahme einer relativen Konstanz seiner genetischen Ausstattung beschreiben. Hier stehen die Verhaltensformen des Menschen, seine technischen, sprachlichen, institutionellen und künstlerischen Leistungen im Vordergrund. Sie schaffen ein Gehäuse, in dem die genetische Dynamik der Individuen an Bedeutung verliert. Arbeitsteilung, kumulatives Lernen, kollektive Vorsorge, medizinische Technik und ein immer dichter werdender Pelz des Wissens entlasten nicht nur den einzelnen Menschen, bestimmen auch längst nicht mehr nur die Dynamik einzelner Kulturen, sondern werden für die Menschheit als Ganzes wirksam.

So zeigt die kulturelle Evolution, wie sich die Gattung des Menschen in technisch-materiellen Formen eingerichtet hat. Deren Produktivität entscheidet über den Lebenserfolg des Homo sapiens; das Kriterium der Nachkommenschaft ist relativiert. Nun ist es die Kultur, der es gelingen muss, gleichzeitig stabil, flexibel und produktiv zu sein, damit sich die Menschheit erhalten und entfalten kann. Das Individuum wird dadurch nicht an den Rand gedrängt. Im Gegenteil: Wenn der Imperativ des reinen Überlebens nicht mehr im Zentrum stehen muss, wächst die Herausforderung an jeden Einzelnen, sich in seiner kulturellen Existenz zu profilieren.

— Der Autor ist Akademienmitglied, Professor für Philosophie an der Humboldt-Universität und als Leiter der Wissenschaftlichen Kommission der Union der Akademien zuständig für die Akademieforschung in der Bundesrepublik.

**GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ (1646-1716)**  
**Philosophie, Mathematik, Begründer der Akademie im Jahr 1700**  
 ...und einige Tiere, die etwas von der Katze haben – wie der Löwe, der Tiger und der Luchs – könnten dieselbe Abstammung gehabt haben; womöglich bilden sie nun neuere Unterteilungen der alten Katzenart.



**PROF. DR. PETER WEINGART**  
**Soziologie**  
 Die Evolutionstheorie ist eine wissenschaftliche Theorie wie andere auch, vielleicht besonders erfolgreich, aber dennoch weder prinzipiell unüberlegbar noch endgültig sowie begrenzt in ihrer Geltung. Sie ist ein Instrument im Werkzeugkasten der Forschung, nicht mehr. Alle Letzt- und Allgemeingültigkeitszumutungen sind Ideologie. Warum gerade die Evolutionstheorie dazu verführt, ist selbst ein interessanter Forschungsgegenstand.

**PROF. DR. DR. H. C. ORTWIN RENN**  
**Risiko- und Umweltsoziologie**  
 Bei der Evolution geht es primär um die Genese und Selektion von handlungsleitendem Wissen. Selektion in der Biologie ist an eine Eliminierung oder verminderte Fortpflanzungswahrscheinlichkeit von weniger gut angepassten Individuen gebunden. Genese, Mutation und Selektion von Wissensbeständen beobachten wir aber auch in nicht-biologischen Anwendungsfeldern wie der Marktdurchsetzung, der Technikdiffusion oder der Ausbreitung von neuen Ideen.



**PROF. DR. DR. H. C. MULT. JURGEN MITTELSTRASS,**  
**Philosophie**  
 Evolution ist Leben. Was sich nicht entwickelt, ist tot. Das gilt auch jenseits biologischer Prozesse im kulturellen und technologischen Bereich, erfordert hier aber eine vernünftige, an den Maßstäben universaler Ethik orientierte Regie. Die technologische Evolution sich selbst zu überlassen, würde – wovon schon heute paradoxerweise Post- und Transhumanisten schwärmen – irgendwann zum Nicht-Menschen führen.

**EVOLUTIONSFORSCHUNG** *Den Genen auf den Grund gehen*

Svante Pääbo vergleicht unser Erbgut mit dem des Neandertalers – und rekonstruiert so die Geschichte der Menschwerdung

„Verstehen, woher wir kommen“

Gegenüber von Svante Pääbos Schreibtisch im Leipziger Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie steht die Nachbildung eines Neandertalerskeletts. Es ist ein Hermaphrodit – nicht Mann, nicht Frau –, zusammengesetzt aus Kopien von Knochenfragmenten von vielen verschiedenen Fundorten. Genauso puzzelt er auch das Genom des nächsten Verwandten der Menschheit zusammen: Aus Tausenden Genfragmenten, die er aus 38 000 Jahre alten Knochenplättchen isoliert hat. Die Gebeine stammen aus der Vindija-Höhle in Kroatien. Ohne eine Kooperationsvereinbarung zwischen der Berlin-Brandenburgischen und der Kroatischen Akademie der Wissenschaften wäre dieses Genomprojekt nicht möglich gewesen. Seit Pääbo 1984 Erbmaterial aus einer altägyptischen Mumie isolierte, gilt er als Begründer der Paläogenetik. Mit ihm sprach Hanno Charisius.



**Udicola turgida**, „geschwollene Nassbewohnende“ von Reiner Maria Matysik.  
 Foto: VG Bild-Kunst, Bonn 2009

**Herr Pääbo, Sie rekonstruieren das Erbgut des Neandertalers. Lernt man dabei auch etwas über uns Menschen?**

Wir wollen verstehen, was mit dem Menschen passiert ist, seit sich sein Weg vor über 400 000 Jahren von dem des Neandertalers trennte. Wir suchen nach den genetischen Spuren, die unseren frühen Vorfahren einen Überlebensvorteil verschafften. Weil der Neandertaler enger mit uns verwandt ist als jeder noch lebende Menschenaffe, klärt der Vergleich zwischen beiden Genomen vielleicht, welche genetischen Veränderungen uns zu dem gemacht haben, was wir sind. Wir wollen versuchen, die Geschichte der Menschwerdung zu rekonstruieren.

**Das klingt, als wären Sie ein Historiker.**  
 Nur teilweise, würde ich sagen. Zunächst versuchen wir, unsere biologische Geschichte zu rekonstruieren. Darüber hinaus möchte ich nicht spekulieren und

nur das sagen, was wir aus den genetischen Daten schlussfolgern können. Verhaltensweisen lassen sich zum Beispiel nicht aus dem Erbgut herauslesen, aber vielleicht immerhin, ob sich der Neandertaler mit unseren frühen Vorfahren gemischt hat.

**Ah, die Sexfrage?**

Ja. Wir wissen inzwischen, dass es wahrscheinlich vorkam, doch der genetische Beitrag des Neandertalers zur Menschwerdung dürfte eher klein gewesen sein. Aber wenn wir das Neandertalergenom haben, können wir zum Beispiel auch untersuchen, ob es einen genetischen Beitrag von Vorfahren des modernen Menschen zu den Neandertalern gab. Das ist nicht nur für Genetiker interessant, son-

dern auch für das Verständnis, wie diese zwei Gruppen miteinander umgegangen sind.

**Wie hat die Evolution die Wege des Menschen und des Neandertalers beeinflusst?**

Wir arbeiten derzeit mit zehn weiteren Forschergruppen an einem Genom-Vergleich. Viel kann ich noch nicht verraten, weil wir die Analysen erst abschließen und dann die Ergebnisse in einem Fachjournal veröffentlichen wollen. Wir blicken derzeit auf rund 63 Prozent des Neandertalergenoms, die wir mit den entsprechenden Abschnitten des menschlichen Erbguts vergleichen können.

**Ist die Evolution des Menschen bereits zum Stillstand gekommen?**

Wenn wir uns anschauen, wie viele Unterschiede es zwischen zwei zufällig ausgewählten Menschen gibt, ist die Zahl viel geringer als bei Gorillas oder Schimpansen. Das deutet darauf hin, dass wir von einer ursprünglich kleinen Population auf die heutige Zahl von fast sieben Milliarden gewachsen sind. Im Grunde ist die Menschheit in den letzten 50 000 Jahren fast immer gewachsen, es passiert also nicht mehr viel im menschlichen Erbgut. Natürlich verändert sich auch weiterhin das Genom des Menschen durch Mutationen. Aber Evolution im Sinne der Selektion eines genetischen Vorteils gibt es eher nicht. Wir haben inzwischen kulturelle Möglichkeiten, einen genetischen Nachteil zu kompensieren. Heute sind zum Beispiel Verkehrsunfälle eine große

Gefahr. Aber wir warten deshalb nicht auf eine Mutation, die uns vorsichtiger oder reaktionsschneller macht, sondern wir machen Zebrastreifen auf die Straße,



**Svante Pääbo**, geb. 1955 in Stockholm, ist Direktor am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie und Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften.

um Fußgänger zu schützen. Wir passen uns heute kulturell an neue Lebensbedingungen an. Gegenüber der kulturellen

Evolution spielt die biologische praktisch keine Rolle mehr. Den genetischen Hintergrund für diese schnelle kulturelle Entwicklung würden wir gern finden.

**Haben Sie schon einen Kandidaten unter den Genen ausgemacht?**

Nur eine Vermutung: Wir kennen heute das Gen FOXP2. Wenn das beim Menschen nicht richtig funktioniert, hat er eine schwere Sprachstörung. Zum Sprechen ist höchstentwickelte Muskelkoordination nötig. Die Betroffenen können nur schwer artikulieren, weil ihre Feinmotorik gestört ist. Aus Versuchen mit Mäusen wissen wir, dass dieses Gen das Wachstum von Nervenzellen beeinflusst. Alle Säugtiere haben es, aber das menschliche unterscheidet sich etwas von den übrigen. Und wir wissen, dass die Version des Neandertalers der menschlichen stark ähnelt. Aber die Menschwerdung hängt bestimmt nicht nur mit diesem Gen zusammen. Es ist ein Beispiel für eine Erbanlage, die vermutlich eine Rolle spielte. Mit Hilfe des Neandertalergenoms finden wir hoffentlich weitere.

**Lernt man aus der Vergangenheit etwas über die Zukunft der Menschen?**

Kaum. Wenn wir dieses Interview vor 15 000 Jahren gemacht hätten, hätte ich sicher nicht den Ackerbau oder die industrielle Revolution vorhergesehen. Was unsere Zukunft entscheiden wird, ist die kulturelle Entwicklung, die wir nicht aus der Biologie heraus vorhersehen können.

**Wie kommt es, dass sich so viele Menschen für Ihre Arbeit interessieren?**

Es ist natürlich ein Privileg, Forschung zu machen, für die sich die Menschen spontan interessieren. Vermutlich fragt sich fast jeder einmal im Leben woher wir kommen – und man muss kein Lehrbuch gelesen haben, um zu verstehen, was wir machen.

**Ein angeborener Trieb des Menschen, sich selbst verstehen zu wollen?**

Irgendwie wollen wir unsere Geschichte verstehen. Es gab immer eine Faszination der Menschen für Archäologie und Paläontologie, und was wir machen ist eine Art Archäologie in unseren Genen.

Starke Meinungen und drei Leidenschaften

Ernst Mayr verbrachte fast sein ganzes Leben damit, über die Evolutionstheorie nachzudenken – aus biologischer, historischer und philosophischer Sicht

VON KÄRIN NICKELSEN

„Bakterien haben keine Arten“, stellte Ernst Mayr einmal in einem Interview fest. Und fügte hinzu: „Warum man einen Zellkern braucht, um eine Art sein zu können, weiß ich auch nicht.“ Dass viele Mikrobiologen in diesem Punkt anderer Meinung sind, kümmerte ihn wenig. Mayr verstand eine Art als Gruppe von Populationen, die sich untereinander fruchtbar kreuzen, und von anderen ähnlichen Gruppen reproduktiv isoliert ist. Wer Arten im traditionellen Sinne anhand von Merkmalen definierte, beging in Mayrs Augen die Sünde des „typologischen Denkens“, das er zeitlebens bekämpfte – und dabei auch ab und an über das Ziel hinausschoss.

Geboren wurde Ernst Mayr 1904 in Kempten im Allgäu, gestorben ist er 2005 in Bedford, Massachusetts. Dazwischen lagen 101 Jahre, die er in großen Teilen damit verbrachte, über die Evolutionstheorie nachzudenken: aus biologischer, historischer und philosophischer Perspektive. Mayr begann seine erste Karriere, die des Naturforschers und Evolutionsbiologen, im Jahr 1923 als Student in Greifswald. Drei Jahre später, 1926, schloss Mayr sein Studium ab und wurde Assistent von Erwin Stresemann, Kustos der Vogelsammlung des späteren Berliner Naturkundemuseums. Hier lernte Mayr die Prinzipien der Systematik, übte sich in der Beobachtung kleinster Unterschiede, und erfuhr die neuesten Ansichten zur Artbildung.

Mayrs Leben nahm eine entscheidende Wende, als er zwischen 1928 und 1930 Expeditionen nach Neu-Guinea und zu den Solomon-Inseln begleitete. „Gucken und päng!“, so beschrieb Mayr einmal seine Arbeit auf dieser Reise. Allein in den ersten acht Monaten sammelte er über 3000 Vogel-Bälge. Die Auswertung der Sammlung führte ihn 1931 an das American Museum of Natural History in New York – und dort blieb Mayr die nächsten 20 Jahre. Hier schrieb er neben vielem anderen sein vielleicht einflussreichstes Buch: „Systematics and the Origin of Species, from the Viewpoint of a Zoologist“ (1942). Es war ein eindringliches Plädoyer dafür, dass aus Sicht der Systematik die Evolutionstheorie nach Darwin durchaus mit den Erkenntnissen

„Gucken und päng!“, so beschrieb Mayr seine Expedition nach Neu-Guinea

der Genetik vereinbar war. Was heute selbstverständlich erscheint, bedurfte damals noch sorgfältiger Argumentation; zur Etablierung dieser sogenannten synthetischen Theorie der Evolution hat Mayr entscheidend beigetragen.

Mayr blieb einer der zentralen Denker der Evolutionstheorie – berühmt ist er insbesondere für seine Auffassung der Art, die bereits zitiert wurde. Mayr klärte indessen nicht nur, was eine Art ist, son-

dern auch, wie neue Arten entstehen; und löste damit eine Frage, die Darwin selbst nicht hatte beantworten können. Wenn geographische Isolation oder andere Faktoren eine Population spalten, habe dies zur Folge, so Mayrs Vorschlag, dass die Teilpopulationen verschiedenen Selektionsdrücken unterliegen und sich daher unterschiedlich entwickeln – bis zu einem Punkt, an dem keine fruchtbare Kreuzung mehr möglich ist: Aus einer Art wurden zwei.

In den Jahren nach 1945 begann die zweite Karriere von Mayr: die des öffentlichen Fürsprechers der Evolutionsbiologie als Disziplin. Als in den 1950er Jahren der rasante Aufstieg der Molekularbiologie begann, setzte er sich insbesondere dafür ein, dass die traditionellen Fächer – Zoologie und Botanik – ihren Platz in der Evolutionsforschung behielten. 1953 wurde Mayr als Professor nach Harvard berufen, wo er 1961-70 zusätzlich als Direktor am Museum of Comparative Zoology wirkte. 1975 wurde er emeritiert – was ihn jedoch nicht daran hinderte, unermüdlich weiter zu arbeiten: Allein in den Jahren nach seiner Emeritierung schrieb Mayr mehr als 200 Artikel in Fachzeitschriften und 14 Bücher.

Viele dieser Werke widmeten sich nun der Geschichte und Philosophie der Biologie – die dritte Karriere Ernst Mayrs begann. Mayrs wissenschaftshistorische und -philosophische Arbeiten kreisten, wen wird es überraschen, vor allem um die Geschichte der Evolutionstheorie; einerseits um Darwins Arbeiten und ihre Re-

zeption, andererseits um die Entstehung und Struktur der synthetischen Theorie, an der Mayr selbst maßgeblich beteiligt war. Wir verdanken ihm etwa eine kluge Analyse von Darwins Theorie, in der Mayr fünf voneinander unabhängige theoretische Elemente identifizierte. Weiterhin leistete Mayr Pionierarbeit mit seinen Beiträgen zu anderen Persönlichkeiten in der Geschichte der Evolutionstheorie, etwa zu Louis Agassiz, Jean-Baptiste de Lamarck und August Weismann.

Sein wissenschaftshistorisches Hauptwerk erschien 1982 unter dem Titel „The Growth of Biological Thought: Diversity, Evolution, and Inheritance“. Hierin verfolgte Mayr auf fast tausend Seiten die Ge-



**Ernst Mayr (1904-2005)**, war seit 1994 Ehrenmitglied der Akademie – eine seltene Auszeichnung. Foto: picture-alliance/akg-images

schichte biologischer Konzepte, indem er die jeweils vorherrschenden Ideen einer Epoche vorstellte, ihren Wandel beschrieb und ihren Einfluss auf die Wahrnehmung der „großen“ Probleme – insbesondere solcher Probleme, die durch die neue Theorie der Evolution gelöst wurden, zu der Mayr selbst beigetragen hatte. Das Werk bietet einen Überblick über zweitausend Jahre Biologiegeschichte, von Aristoteles bis zur synthetischen Theorie der Evolution – wobei dieser umfassende Anspruch zugleich die Schwächen des Werkes mitbedingt. Denn bisweilen erscheinen die Verhältnisse einzelner Epochen doch allzu stark vereinfacht; und manchmal wird allzu deutlich der Weg anhand des Zieles nachgezeichnet. Wie stark die Biologiegeschichte von Mayrs nicht immer unbefangener Sicht geprägt wurde, wird erst in den letzten Jahren deutlich, seit wir etwa die morphologische Tradition des 19. Jahrhunderts, deren Haltung Mayr sehr schnell als „essentialistisch“ verworfen hatte, aus ganz neuer Perspektive kennenlernen.

Wie Mayr selbst sagte, hatte die Beschäftigung mit der Geschichte der Biologie für ihn zwei Funktionen: erstens sei sie eine hervorragende Einführung in die Inhalte der Einzelwissenschaft, zweitens helfe sie, die Struktur des Faches sowie aktuelle Kontroversen zu verstehen. Böswillig gedeutet, verstand er sie als biologische Hilfswissenschaft. Ähnliches gilt für Mayrs Haltung zur Philosophie der Biologie. Auch hier leistete er bedeutende Beiträge zu Fragen, von deren Klärung die

Evolutionstheorie selbst profitierte: zu den Grundlagen der Systematik; zum Wert des Denkens in Populationen gegenüber dem Denken in biologischen Typen; und gegen die Tendenz, biologische Phänomene auf chemische und physikalische Naturgesetze reduzieren zu wollen.

Mayr gab offen zu, dass er eine Schwäche für kategorische, gar polemische Aussagen hegte – und sei es nur, um Widerspruch auf den Plan zu rufen. Er hatte starke Meinungen, die er nicht müde

Seine kategorischen Thesen ernteten viel Widerspruch – und genau das wollte er

wurde zu verteidigen, und machte sich damit nicht nur Freunde. Ernst Mayr hat in jeder seiner drei Karrieren mehr geleistet als die meisten in einer einzigen Laufbahn, und noch lange wird sich die Evolutionsbiologie, die Geschichte und Philosophie der Biologie mit seinen Arbeiten auseinandersetzen. Viele werden vielmehr widersprechen, sei es in Bezug auf Artkonzept oder Artbildung, sei es in Bezug auf die adäquate Geschichte der Evolutionstheorie; aber kaum jemand wird unbeeindruckt bleiben.

— Die Autorin ist Assistenzprofessorin für Geschichte und Philosophie der Wissenschaften in Bern. Seit 2005 ist sie Mitglied der Jungen Akademie.



**PROF. DR. DR. H. C. CHRISTOPH MARKSCHIEß**

**Kirchengeschichte**

Im Gegensatz zu landläufigen Vorurteilen macht es einem Theologen – nicht nur im Darwin-Jahr – durchaus Vergnügen, Texte aus der Feder des einstigen Theologiestudenten aus Cambridge zu lesen. Er fragt sich nämlich beispielsweise, ob der Aufstieg des Christentums in der Antike vielleicht auch nach dem Modell „Survival of the Fittest“ beschrieben werden kann. Und er fragt weiter, wie weit überhaupt historische Phänomene mit der Evolution des organischen Lebens vergleichbar sind.

**PROF. DR. JÜRGEN TRABANT**

**Romanische Sprachwissenschaft**

Die philosophischen Sprachursprungsgeschichten stellen evolutionäre Prozesse dar. Die evolutionäre Perspektive allein ist schon eine kühne Abkehr von der Bibel, wo Gott einen fertigen Menschen schafft, der sprechen kann und der nur noch Wörter für Gottes Geschöpfe finden muss. Diese alternativen Geschichten setzen alle vor dem biblischen Auftreten eines fertigen Menschen ein. Sie imaginieren tierhafte Urmenschen, von denen nichts in der Bibel steht, und sie erzählen den Übergang vom tierhaften zum menschlichen Menschen. Dieser Übergang ist die Sprache.

**PROF. DR. HORST BREDEKAMP**

**Kunstgeschichte**

Das Problem, wie der scheinbar sinnlose und zugleich zutiefst schöne Reichtum der Formen in die Welt des Kreatürlichen kommt, ist von der Naturtheologie bis auf den heutigen Tag mit einem göttlichen Programmierer beantwortet worden: dem „designer God“. Mit dem kreatürlichen Sinn für die Körpergestalt als Bild hat Darwin in seiner Theorie der „sexual selection“ jedoch eine Alternative geboten, die in der Lage war, den Design-Vertretern auf ihrem eigenen Gebiet zu begegnen. Hätte man die tiefgründige Komplexität dieser zweiten Säule von Darwins Evolutionstheorie früher und bereitwilliger aufgenommen, wäre für die Kreationisten keine Lücke geblieben, in die sie hätten stoßen können.



**PROF. DR. CHRISTINE WINDBICHLER**

**Zivilrecht**

Recht ist ein Produkt seines kulturellen und politischen Umfelds. Rechtswissenschaftler erforscht Entwicklungen und nimmt daran teil. Die Ergebnisse dieses Prozesses halten sich oder verschwinden wieder, wie Schuldturn oder Eurocheck. Die Hypothek dagegen ist weltweit als Finanzierungsinstrument anerkannt. Trotz des Unfalls, der mit Verbriefungen von Hypotheken getrieben wurde, wird sie überleben, ebenso die Verbriefung – mit kürzeren Beinen und gestutzten Flügeln.

**NEUE PERSPEKTIVEN** Mehr als Vererbungslehre – die Facetten der Evolution

# Der Wandel des Göttlichen

Religionsgeschichte als evolutionärer Prozess – gegen die These werden rasch Bedenken laut. Zu Recht?

VON HANS JOAS

Schon vor dem Darwin-Jahr sind die US-amerikanischen Debatten über das Verhältnis von Schöpfungsmythos und biologischer Wissenschaft auch nach Deutschland hereingeschwappt. Hierzulande haben diese Debatten allerdings etwas Künstliches an sich. Denn in Deutschland winken Christen in der Regel müde ab, wenn man ihnen unterstellt, sie hätten etwas gegen die Evolutionslehre und glaubten an die Bibel als überlegene wissenschaftliche Theorie.

Intellektuell viel attraktiver als die Beschäftigung mit diesen Fragen ist ein ganz anderer Versuch, Evolution und Religion miteinander in Beziehung zu setzen. Man kann ja auch fragen, ob die Evo-

**Gibt es eine „Achszeit“, in der alle großen Religionen ihren Ursprung haben?**

lutionstheorie, wenn sie überhaupt auf soziale und kulturelle Prozesse übertragen werden darf, nicht auch auf dem Gebiet der Religionsgeschichte neue Erkenntnisse erzeugen kann. Lässt sich die Entstehung von Religion als evolutionärer Prozess beschreiben? Kann man in der Religionsgeschichte Evolutionsstufen unterscheiden? Ist zum Beispiel die Idee der Transzendenz ein nicht mehr umkehrbarer Entwicklungsschritt, vergleichbar mit Weiterentwicklungen im Kontext der Natur?

Gegen den bloßen Versuch, in diese Richtung zu denken, werden rasch starke Bedenken geltend gemacht. Als im späten 19. Jahrhundert erstmals solche Versuche unternommen wurden, kam der Eindruck auf, hier sollte das Christentum zum Gipfel der Menschheitsentwicklung erklärt werden – und dies nicht nur im Sinn der Botschaft des Evangeliums, son-

dern im Sinn der protestantisch-bürgerlichen Kultur des viktorianischen oder wilhelminischen Zeitalters.

Juden, Katholiken, Nicht-Europäer, Ungläubige konnten sich mit dem ihnen zugewiesenen Platz in einem solchen Entwicklungsschema nicht einverstanden erklären. Aus dem protestantischen Christentum ging aber auch ein ganz anderer Einwand hervor: Wird nicht mit der Eingliederung von Jesus Christus in die Religionsgeschichte eine Nivellierung vorgenommen, derzufolge nicht mehr das einzigartige Ereignis der Menschwerdung Gottes im Mittelpunkt steht, sondern eine Messias- oder Prophetengestalt, wie sie in der einen oder anderen Form in verschiedenen Kulturen und Zeitaltern auftreten könnte? Dem steht wieder der Gedanke entgegen, dass selbstverständlich auch der christliche Glaube an Jesus Christus auf einem allen Menschen möglichen Gottesbewusstsein fuße.

Zwei Konsequenzen sind offensichtlich aus diesen älteren, stark theologisch aufgeladenen Debatten über den Entwicklungsgedanken in der Religionsgeschichte zu ziehen. Zum einen darf aus der Evolutionstheorie nicht ein simpler Evolutionismus werden, der eine notwendige Entwicklung zum Besseren unterstellt. Dieser war ja weniger eine Sache der Biologen gewesen als vielmehr eine Angelegenheit von Dilettanten mit stark ideologischem Antrieb.

Zum anderen muss es ein Verständnis von Religion geben, das auf prinzipiell allen Menschen zugänglichen Erfahrungs- und Interpretationsmöglichkeiten gründet. Nur dann kann die Frage, ob es Entwicklungsschritte in der Religionsgeschichte gibt, ein Höher und ein Niedriger, sinnvoll gestellt werden.

Einen entscheidenden Impuls erhielten diese Fragestellungen durch ein Buch, das der bedeutende Philosoph Karl Jaspers 1949 vorlegte: „Vom Ursprung und Ziel der Geschichte“. Er behauptete darin, dass alle großen Weltreligionen und übrigens auch die antike griechische Philosophie im selben Zeitraum ihren Ursprung hätten oder auf diesen zurückgeführt werden könnten. In dieser sogenannten Achszeit seien parallele und weitgehend unabhängig voneinander verlaufende Prozesse in den Hochkulturen des Nahen Ostens, Indiens und Chinas abgelaufen, die ein mythisches Zeitalter ablösen zugunsten eines Zeitalters der systematischen Reflexion über die



**Ansichtssache.** Das Wüstenschloss Qusair Amra in Jordanien, das im Jahr 711 von den Omaiaden erbaut wurde, ist reich mit Wandmalereien verziert. Ein Indiz dafür, dass der frühe Islam noch kein Bildverbot kannte? Auch Religionen unterliegen dem Wandel der Zeit.

Foto: akg-images/Bildarchiv Steffens

Grundbedingungen menschlicher Existenz. Jaspers selbst umschrieb nur unklar, worin der fundamentale Wandel bestanden habe und was die mysteriöse Gleichzeitigkeit erklären könne.

Die Debatte über seine Idee setzte erst Jahrzehnte später ein und findet im We-

sentlichen außerhalb der Philosophie statt. Seit im Jahr 1975 die Zeitschrift der American Academy of Arts and Sciences „Daedalus“ ein ganzes Heft dem Thema widmete, zu dem Wissenschaftler der verschiedensten Disziplinen beitrugen, hat die Diskussion ein ganz neues Niveau

erreicht. Immer mehr schälte sich ein Konsens in dem Sinne heraus, dass die Achszeit als Zeitalter der Transzendenz oder besser noch als Zeitalter der historischen Entstehung der Idee der Transzendenz aufzufassen sei. Mit Transzendenz ist dabei eine scharfe

quasi-räumliche Trennung zwischen dem Weltlichen und dem Göttlichen gemeint – eine Trennung, die nicht nur eine Differenz markiert, sondern auch eine unerhörte Spannung mit einer Fülle sozialer und politischer Konsequenzen. Denn mit diesem Gedanken ist eine Art Gotteskönigtum nicht mehr vereinbar. Der Herrscher kann nicht mehr gottgleich sein, wenn die Götter einen anderen Ort haben. Mehr noch, von nun an kann von ihm gefordert werden, sich vor göttlichen Weisungen zu rechtfertigen.

Zwei der bedeutendsten historisch-komparativ arbeitenden Soziologen der Gegenwart, Shmuel Eisenstadt und Robert Bellah, haben wegweisende Veröffentlichungen zur Achszeit beziehungsweise zur Frage einer Evolution der Religion vorgelegt. Das Thema „Achszeit“ steht hier nur exemplarisch für den Versuch, Religionsentwicklung nicht etwa biologisch zu erklären, wohl aber aus den biologischen Erklärungsinstrumenten sinnvolle Analogien für das Verständnis der Religionsgeschichte zu gewinnen.

Die enorm angeschwollene Literatur zum Thema macht den Versuch, einen Überblick zu gewinnen, wünschenswert. So ist zu fragen, ob die psychologische Theorie kognitiver Evolution das Potential hat, Stufen der Religionsgeschichte aufzuschlüsseln. Wie ändert sich unser Bild von Stammesreligionen und den Religionen unter Bedingungen früher Staatlichkeit, wenn die Achszeit-These zutrifft? Was ist mit nach-achszeitlichen „Stufen“ der Religionsentwicklung, etwa der Entstehung des Christentums oder des Islam? Wie nehmen sich Reformation und sogenannte Gegenreformation in diesem Lichte aus? Lässt sich diese Theorie überzeugend auch auf die Entwicklung der Religion in Asien anwenden? Verschwindet die Vorstellung von Transzendenz, wenn ihre räumliche Deutung unhaltbar wird? Welche Rolle spielt eine de-transzendentalisierte Religiosität in der Gegenwart? Mit diesen Fragen wird sich eine öffentliche Fachtagung der Akademie, die Christoph Markschieß und der Verfasser organisieren, am 18. Dezember beschäftigen. An Stoff für lehrreiche Kontroversen dürfte dabei kein Mangel sein.

— Der Autor ist Akademiemitglied, Leiter des Max-Weber-Kollegs für kultur- und sozialwissenschaftliche Studien in Erfurt sowie Professor für Soziologie und Social Thought an der University of Chicago.

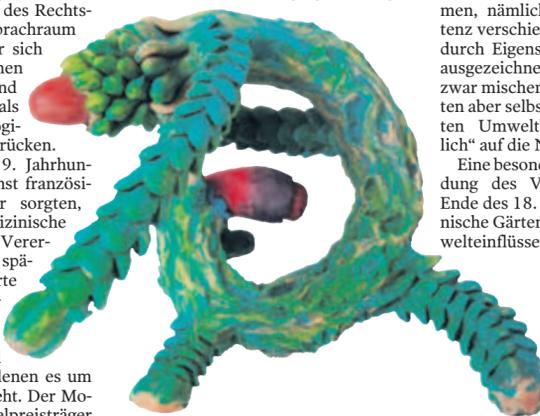
## Ein Konzept, das Karriere machte

Der Begriff der Vererbung bahnte sich seinen Weg von den Rechtswissenschaften in die Biologie – und weiter in viele andere Lebensbereiche

VON HANS-JÖRG RHEINBERGER

Vererbung ist ein Begriff, der heute so allgegenwärtig ist, dass man kaum glauben mag, dass seine Übertragung auf biologische Phänomene erst um 1800 erfolgte. Hundert Jahre später konkretisierte und verdichtete sich dann der Raum, den das Vererbungsdenken des 19. Jahrhunderts abgesteckt hatte, in einem Forschungsobjekt, das unter dem Namen „Gen“ im Laufe des 20. Jahrhunderts eine beispiellose Karriere gemacht hat.

Der Begriff der Vererbung kommt ursprünglich aus dem Bereich des Rechtswesens. Im deutschen Sprachraum war es Immanuel Kant, der sich in seinen anthropologischen Schriften aus den 1770er und 1780er Jahren seiner erstmals bediente, um einen biologischen Sachverhalt auszudrücken. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts waren es dann zunächst französische Mediziner, die dafür sorgten, dass eine biologisch-medizinische Verwendung des Wortes Vererbung gängig wurde. Ab dem späten 19. Jahrhundert wanderte der Begriff seinerseits wiederum aus der Biologie in alle möglichen Bereiche des gesellschaftlichen und kulturellen Lebens aus, in denen es um Tradition und Tradierung geht. Der Molekularbiologie und Nobelpreisträger



**Sucius lepideus.** Der „schuppige Gefährte“ von Reiner Matysik legt seine Eier in Erdhöhlen ab und gibt so seine Gene an die nächste Generation weiter. Foto: VG Bild-Kunst, Bonn 2009

François Jacob beschreibt in seiner Logik des Lebenden den Übergang vom Zeugungsdenken der frühen Neuzeit zum Vererbungsdenken um 1800 als einen Bruch, der zwei Denkstile scharf voneinander trennt: Der für die frühe Neuzeit charakteristische Denkstil bestand darin, jede Zeugung letztlich als einen individuellen, zufälligen Schöpfungsakt anzusehen. Um 1800 begann man hingegen, Vererbung im Sinne einer „Reproduktion“, also im Sinne der geregelten Weitergabe eines biologischen Substrates von einer Generation zur nächsten zu denken. Diesem Bruch ging eine längere

Geschichte von Praktiken, Beobachtungen und Überlegungen in der Naturgeschichte, der Züchtungspraxis, der Anthropologie und der Medizin, aber auch in Recht und Politik voran.

Diese Praktiken, Beobachtungen und Überlegungen bildeten zunächst aber keinen geschlossenen und einheitlichen Diskurs: Sie blieben vielmehr auf unterschiedliche Domänen des gesellschaftlichen Lebens verteilt und fanden dementsprechend auch in ganz unterschiedlichen Formen ihren Ausdruck. Anlass für Kants Überlegungen war ein eng umschriebenes, höchst spezifisches Phänomen, nämlich die angenehme Existenz verschiedener Menschenrassen, die durch Eigenschaften wie die Hautfarbe ausgezeichnet waren. Sie ließen sich zwar mischen, übertrugen ihre Eigenheiten aber selbst unter dauerhaft veränderten Umweltbedingungen „unausbleiblich“ auf die Nachkommen.

Eine besondere Rolle für die Herausbildung des Vererbungsdiskurses gegen Ende des 18. Jahrhunderts spielten botanische Gärten und Menagerien. Um Umwelteinflüsse von erblichen Faktoren un-

terscheiden zu können, mussten Organismen aus ihren endemischen Umgebungen verpflanzt werden. Genau das bewirkten botanische Gärten und Menagerien, indem sie Lebewesen aus aller Welt unter mehr oder weniger technisch kontrollierten Bedingungen an einem neuen Ort versammelten. Tier- und Pflanzenzüchter stellten ganz ähnliche Experimente in Verpflanzung und Hybridisierung wie die Naturforscher an, und sie entwickelten wie diese auch ein eigenständiges Vokabular, um eingesetzte Verfahren und beobachtete Phänomene zu beschreiben.

Die Verteilung des Vererbungsverständnisses auf mehr oder weniger voneinander getrennte Domänen zeigt, dass vor dem Ende des 18. Jahrhunderts Vererbungserscheinungen im Bereich des Lebendigen zwar keineswegs unbeachtet blieben. Diese Streuung macht aber auch deutlich, was nicht existierte: Es gab keinen allgemeinen Begriff biologischer Vererbung, der diese Domänen schlüssig aufeinander bezogen hätte. Ein solcher bildete sich erst allmählich im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts heraus.

Wie in einem Brennpunkt verdichteten sich diese Umrisse in den Schriften von Charles Darwin und seinem Vetter Francis Galton und verknüpften sich dort nicht zufällig mit Vorstellungen über die Evolution der Arten. Auch wenn Darwins spezielle Vererbungshypothese der „Pangenesis“ dem weiteren Verlauf der Entwicklung nicht standhielt, so wird bei ihm

doch exemplarisch deutlich, dass es fortan nicht mehr vertikal um eine Betrachtung individueller Abstammungslinien ging, sondern horizontal um die Existenz eines „Erbgutes“ – Darwin nannte seine Bestandteile „Keimchen“ –, das von Generation zu Generation weitergegeben und in einer ganzen Population von Individuen jeweils neu verteilt wurde.

Dieser epistemische Raum war es, der auch den Bezugspunkt für eine neue Biopolitik des Nationalstaates bot, in deren Mittelpunkt nicht mehr das einzelne Individuum, sondern ein „Volkskörper“ stand, für den das gleiche galt: In ihm stellte sich ein eng mit dem „Erbgut“ verknüpftes „Gut“ dar, das von Generation zu Generation weitergegeben wurde, und das vor verderblichen Einflüssen geschützt werden musste. Diese Koppelungen und diese Resonanzen muss man sehen, wenn man verstehen will, warum genetische Phantasien in Gestalt der Eugenik, die zunehmend die Individualhygiene überformte, um die Wende zum 20. Jahrhundert politisch so wirkmächtig werden konnten. Vererbungswissen ließ sich in dem Maße als zentraler Bestandteil eines biopolitischen Dispositivs be-

**Im 20. Jahrhundert steht der Name ganz klar für das Forschungsobjekt „Gen“**

trachten, als sein Gegenstand über die Zeugung individueller Lebewesen hinauswies und die Verhältnisse und Kräfte einschloss, die in und auf Populationen wirkten und für deren Leben ausschlaggebend waren.

Zum anderen konnte in diesem Raum am Ende des 19. Jahrhunderts aber auch eine neue Wissenschaft Fuß fassen, die den Namen Genetik erhielt und als eine Art „allgemeiner Biologie“ ins Zentrum der experimentellen Biowissenschaften des 20. Jahrhunderts rückte, so wie Darwins Evolutionstheorie fünfzig Jahre zuvor ins Zentrum der biologischen Theoriebildung gerückt war. In dieser Wissenschaft verdichtete sich der epistemische Raum der Vererbung zu neuen wissenschaftlichen Objekten, den Genen, deren Handhabung auf zwei technischen Voraussetzungen beruhte: der Züchtung reiner Linien und einem Hybridisierungsregime, das sich experimentell die Sexualität der höheren Organismen zunutze machte, und für die Gregor Mendels Arbeiten prototypisch wurden. Mit der Unterscheidung zwischen Genotyp und Phänotyp hat die Genetik das Bild des Lebens bis heute nachhaltig geprägt.

— Der Autor ist Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte und Akademiemitglied. Gemeinsam mit Stefan Müller-Wille publizierte er zum Thema u.a.: Vererbung, Geschichte und Kultur eines biologischen Konzepts. Fischer, Frankfurt am Main 2009.



**PIERRE-LOUIS MOREAU DE MAURPURTUIS (1698-1759)**  
**Philosophie, Mathematik, Präsident der Akademie von 1746-1759**  
 Der Zufall, könnte man sagen, hat eine unzählige Menge von Individuen hervorgebracht; eine kleine Anzahl davon war so gebaut, dass die Teile des Tieres seinen Bedürfnissen genügen konnten; bei einer unendlich größeren Anzahl gab es weder Übereinstimmung, noch Ordnung, und all diese gingen zu Grunde.

**PROF. DR. DR. H. C. MULT. MANFRED BIERWISCH**  
**Linguistik**  
 Zu den Wundern der Evolution gehört der Sprung, durch den im Gehirn Strukturen entstanden sind, die es möglich machen, Symbole zu bilden und systematisch zu kombinieren, das heißt: über Sprache zu verfügen. Dieser Sprung hat viele Voraussetzungen, die zur Evolution des Menschen gehören, aber seine Folgen sind einzigartig. Alles, was die Entwicklung des Menschen ausmacht, beruht auf dieser Grundlage – einschließlich der Möglichkeit, über die Evolution nachzudenken.



**PROF. DR. DR. H. C. REINHARD HÜTTEL**  
**Erdwissenschaften**  
 Unser Planet als Ort der biologischen Evolution unterliegt selbst evolutionärer Entwicklung. Angetrieben durch die enorme Hitze im Erdkern, bewegen sich an der Erdoberfläche die tektonischen Platten. Seit 4,6 Milliarden Jahren ändert sich das Antlitz der Erde ständig und bildet so den Wechselrahmen für das Leben. Erst seit kurzem wissen wir, dass sich kilometerweit im Gestein Biomasse findet. Diese tiefe Biosphäre entstand unabhängig von Sauerstoff und solarer Energie.

**PROF. DR. DR. H. C. BERTHOLD HÖLDOBLER**  
**Soziobiologie**  
 Das Akzeptieren des Familiären und das Ablehnen des Fremden spielen in der Soziobiologie eine zentrale Rolle. Das gilt für Insektenstaaten ebenso wie für soziale Gruppen bei Vögeln, Säugetieren und vor allen Dingen Primaten, zu denen der Mensch gehört. Wo immer in der Natur kooperierende Gruppen im Laufe der Evolution entstanden sind, findet man auch Konflikte mit gruppenfremden Artgenossen. Kooperation kann man nicht getrennt von der Evolution des innerartlichen Konflikts diskutieren. Beide Phänomene werden vom Imperativ der Maximierung der evolutionären Fitness bestimmt, ein Begriff, der zu vielerlei Missverständnissen Anlass gab und gibt.

Fotos: picture-alliance/maurp, privat

## PARTNER DER AKADEMIE Auf den Spuren der Natur

# Mit Charles Darwin auf Weltreise

Im Naturkundemuseum kann jeder zum Forscher werden. Spekulationen à la Hollywood sollte man allerdings an der Garderobe abgeben

VON REINHOLD LEINFELDER

Heutzutage genügt es nicht mehr, Wissen zu generieren und darauf zu vertrauen, dass Politik und Zivilgesellschaft dieses dankbar aufnehmen und in konkretes Handeln umsetzen. Klima-, Umwelt- und Energiegedebatten, Diskussionen um Gentechnologie und nicht zuletzt die Kontroversen zur Evolutionstheorie werden selten konstruktiv und ergebnisorientiert geführt, sondern verflachen vielfach als unergiebige Schwarz-Weiß-Polemiken. Um Erkenntnisse zu vermitteln, die Verhaltensänderungen herbeiführen, bedarf es neuer Kommunikationsformen, die gesichertes Wissen verbreiten, Akzeptanz schaffen und vor allem Partizipation ermöglichen. Gerade naturkundliche Museen als Forschungs- und Bildungseinrichtungen haben hier eine besondere Aufgabe, da sie Wissenschaft authentisch und faszinierend darstellen können.

Seit der Eröffnung der neuen Dauerausstellung „Evolution in Aktion“ 2007 verfolgt das Berliner Museum für Naturkunde konsequent diesen Weg. Im Vordergrund stehen Originalobjekte, die Forschungsprozesse anschaulich nachvollziehbar machen. So wird in den Ausstel-

### Gute Museen faszinieren – und binden die Besucher ein

lungen genau unterschieden zwischen gesichertem Faktenwissen und Hypothesen. Lediglich in der Eingangshalle empfängt ein rekonstruierter Dinosaurierkopf die Besucher – ganz nach dem Motto: Spekulationen à la Hollywood bitte an der Garderobe abgeben! Die Ausstellung selbst zeigt authentische Wissenschaft in Form von echten Knochen und Skeletten, wobei notwendige Materialergänzungen an einer bewusst glatt gestalteten Oberfläche erkennbar sind.

Weiterreichende Interpretationen werden jedoch nicht gänzlich ausgespart,

sondern in spielerische Elemente wie die „Juraskope“ – Fernrohre, die eine virtuelle Zeitreise ermöglichen – verlagert. Blickt man durch sie hindurch, verwandeln sich die Dinosaurierskelette im Ausstellungsraum zurück in lebendige Tiere. Diese Animationen beruhen im Wesentlichen auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, präsentieren aber auch Spekulationen wie Hautfarben oder Laute. Um den Betrachter zum Schluss wieder auf den Boden der Tatsachen zurück zu führen, endet die virtuelle Reise in der Dinosaurierhalle des Museums.

Von dort aus kann der Besucher seine Erkundungstour fortsetzen. In einer großen Vitrine zu Biodiversität findet er 3000 Arten – aber kein einziges Etikett! Was hat sich das Museum nur dabei gedacht? Nun, eigenes Erkunden ist angesagt: Wie Forscher durchforsten die Besucher mit Hilfe einer Lupe einen Leuchttisch, um neben Abbildungen der Tiere die dazu gehörigen Namen zu finden. Das mag vielleicht Mühe bereiten, wirkt aber umso nachhaltiger. Der kleine Nasenbär, der selbst herausgesucht und zugeordnet wurde, bleibt in Erinnerung. Kein vorgefertigter Parcours, sondern die eigene Entdeckungsreise – das bereitet Vergnügen und schafft Vertrauen in die eigene Verständnissfähigkeit. Dass das Konzept erfolgreich ist, zeigen die lange Verweildauer und die positive Resonanz der Besucher.

Auch die aktuelle Sonderausstellung „Darwin – Reise zur Erkenntnis“ vermittelt, was wissenschaftliches Sammeln und Forschen bedeutet. Wie in einem Schiffsbauch begeben sich die Besucher auf eine Weltreise zu den Orten, die Charles Darwin 1831-36 als Passagier der „H.M.S. Beagle“ aufsuchen konnte. Gezeigt werden Sammlungsstücke von den Originalschauplätzen und sogar einige Originalobjekte, die der Forscher seinem Kollegen Christian Gottfried Ehrenberg in Berlin zukommen ließ. Die Ausstellungstexte beschränken sich auf Zitate von Darwin und anderen Personen an Bord, um das Erlebnis der Reise, das



„Darwin – Reise zur Erkenntnis“ heißt eine Sonderausstellung, die noch bis zum 3. Januar 2010 im Museum für Naturkunde Berlin zu sehen ist.

Foto: Carola Radke/Museum für Naturkunde

Sammeln von naturkundlichem Material und erste Überlegungen zu dessen Auswertung in den Vordergrund zu rücken. Denn es sollte noch Jahre sorgfältiger wissenschaftlicher Ausarbeitung bedürfen, bevor Darwin sein Werk „Über die Entstehung der Arten“ 1859 vorlegen konnte. Wer in der Ausstellung selbst nachvollzogen hat, welche Mühen dafür nötig waren und welche Zweifel den For-

schers bis dahin quälten, wird womöglich ein tieferes Verständnis von wissenschaftlichem Arbeiten erhalten. Denn ernsthaftes Forsuchen braucht Zeit – wenn das nicht topaktuell ist!

Naturwissenschaftliche Ausstellungen sollten also selbst wie eine Forschungsexpedition funktionieren. Die Objekte müssen faszinieren und in einem Kontext präsentiert werden, der Interesse weckt, an

vorhandenes Wissen anknüpft, persönliche Bezüge und damit eine Identifikation ermöglicht.

Naturkundemuseen organisieren oder beteiligen sich darüber hinaus an Projekten, bei denen große und kleine Hobbyforscher aufgerufen sind, mit Wissenschaftlern zusammenzuarbeiten. Beispiele sind das „Evolution Megalab“, bei dem europaweit klimatisch bedingte An-

derungen an Gartenschnecken erforscht werden, oder die „ReefCheck-Initiative“, in der Wissenschaftler mit Sporttauchern den Zustand von Korallenriffen kontrollieren. Anlässlich der UN-Konferenz zur Biologischen Vielfalt 2008 führte das Museum für Naturkunde das Schnellfilm-Festival „5 vor zwölf“ durch. 40 Teams erstellten in 40 Stunden vierminütige Kurzfilme zum Thema „Biologische Vielfalt erforschen“. Die Ergebnisse sind unter [www.youtube.de/schnellfilm](http://www.youtube.de/schnellfilm) im Internet zu sehen. Es gab eine hochrangig besetzte Jury und attraktive Preise, und selbst im Bundestag wurde das Festival gewürdigt. Das wohl Wichtigste war jedoch, dass sich viele beteiligten, für die das Thema bislang keine besondere Rolle spielte, und die sich nun als Multiplikatoren dafür einsetzen.

Von der persönlichen Entdeckungsreise in entsprechend gestalteten Ausstellungen über partizipative Filmfestivals bis hin zu Kooperationen zwischen Laien und Wissenschaftlern: Eine derartige Beteiligung und eigenes Engagement sind der wohl wichtigste Weg, Wissen nicht nur zu erwerben, sondern auch einen emotionalen Zugang zur Wissenschaft zu finden. So kann Wissen zu Umdenken und letztlich zu Handeln führen.

Eine größere Aufgeschlossenheit der Wissenschaft gegenüber, die als spannende Bereicherung und selbstverständlicher Teil des Alltags betrachtet wird, erlaubt den Übergang in eine nachhaltige globale Gesellschaft, die nicht als Bedrohung, sondern als positive, sinnhafte Herausforderung empfunden wird. Noch ist ein langer Weg zu gehen, aber genau wie Darwin sollten wir nicht aufhören, diesen konsequent weiterzuverfolgen.

— Der Autor ist Generaldirektor des Museum für Naturkunde – Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung, Vorsitzender des Konsortiums Deutsche Naturwissenschaftliche Forschungssammlungen und Mitglied im Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung Globale Umweltänderungen.

## „Ein abscheuliches Geheimnis“

Die Anfänge der Blütenpflanzen blieben Wissenschaftlern lange rätselhaft. Heute gewährt ein Blick in ihre DNA neue Erkenntnisse

VON H. WALTER LACK

Darwins vor 150 Jahren erschienenes Buch „On the Origin of Species“ gilt zu Recht als Meilenstein in der Geschichte der Biologie und Beginn unseres modernen Verständnisses von Evolution. Blätter man im Register, so ist man überrascht, wie wenige Verweise sich auf Blütenpflanzen beziehen. Liest man den Text genauer, wird der erste Eindruck bestätigt. Darwin argumentiert kaum mit Befunden aus dem Pflanzenreich, und zwanzig Jahre später heißt es in einem seiner Briefe: „Die rasche Entwicklung – soweit wir dies beurteilen können – aller höherer Pflanzen innerhalb der jüngeren geologischen Zeit ist ein abscheuliches Geheimnis“. Der Empfänger des Schreibens war ein berühmter, weitgereister und sehr kenntnisreicher Mann, Joseph Dalton Hooker, Darwins engster Vertrauter und Direktor des Königlichen Botanischen Gartens in Kew bei London. Was hat Darwin zu seinem Urteil bewogen? Es war das Fehlen eines ihn überzeugenden, sich über viele Jahrmillionen erstreckenden fossilen Befunds für Blütenpflanzen, wie er damals bereits für Säugetiere, Vögel und andere Tiergruppen vorlag.

Darwin konnte sich nicht vorstellen, dass die verwirrend komplexe Vielfalt der fossil nachgewiesenen Blütenpflanzen plötzlich im mittleren und späten Tertiär entstanden war. Noch wenige Monate vor seinem Tod schrieb er an Hooker: „Ich war so erstaunt über das offensichtlich plötzliche Entstehen der höheren Phanerogamen, dass ich mir manchmal ausgedacht habe, dass diese Entwicklung langsam über einen immens langen Zeitraum auf einem isolierten Kontinent oder einer großen Insel abgelaufen ist, vielleicht nahe dem Südpol“. Der Kern dieser reichlich wolkigen Argumentation liegt in Dar-

wins Vorstellung von einer grundsätzlich graduell ablaufenden Evolution, wie sie in dem alten, in „On the Origin of Species“ zitierten Satz „Die Natur macht keinen Sprung“ zum Ausdruck kommt.

Dieses Festhalten überrascht, zumal der französische Paläontologe Marquis Gaston de Saporta in einem Brief an Darwin bereits einige Jahre davor eine alternative Interpretation geliefert hatte. „Insekten und Pflanzen waren gleichzeitig Ursache und Wirkung durch ihre Verbindung untereinander, weil Pflanzen nicht im Stande sind, sich ohne Insekten zu diversifizieren, und Insekten nicht im Stande sind, viele Pollen- und Nektarfresser hervorzubringen, so lange das Pflanzenreich arm an Einrichtungen war“. Nach Saporta waren es somit die wechsel-

seitigen Anpassungen zwischen Blüten besuchenden Insekten und Blütenpflanzen – das, was wir heute Koevolution nennen – welche die rasche Diversifizierung der Blütenpflanzen ermöglichte: Mit dieser These wurden deren plötzliches Auftreten im fossilen Befund und damit erstmals auch unterschiedliche Geschwindigkeiten in der Evolution erklärbar.

Rätselhaft blieb, wie man sich die Anfänge der Blütenpflanzen vorzustellen habe. Die traditionelle Richtung ging von der Idee aus, dass jene mit einfach gebauten Blüten – ohne Blütenhülle, getrennt geschlechtlich und windbestäubt – am Anfang der Diversifizierung standen und sich im Laufe der Evolution Blütenpflanzen mit komplexer gebauten Blüten – mit Blütenhülle, zwittrig und tierbestäubt –

herausgebildet hätten. Zwei Professoren an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin und Direktoren des Königlichen Botanischen Gartens und Museums in Schöneberg bei Berlin vertraten mit Nachdruck diese Vorstellung: August Wilhelm Eichler und dessen Nachfolger Adolf Engler. Ihre Veröffentlichungen, insbesondere Englers Werk „Die natürlichen Pflanzenfamilien“, verbreiteten weltweit dieses Konzept, in dem beispielsweise Weiden- und Pappelgewächse am Anfang des Systems standen.

Eine modernere Richtung bezweifelte diese Annahme und vermutete, dass am Anfang Blütenpflanzen mit komplex gebauten Blüten gestanden hätten, die sowohl regressive als auch progressive Entwicklungen durchlaufen könnten. Demnach hätten Bäume mit durch Käfer bestäubten, zwittrigen Blüten an der Basis gestanden, von denen sowohl windbestäubte, eingeschlechtliche als auch weitere insektenbestäubte, zwittrige Gruppen abzuleiten wären. Zusammengefasst hat diese Überlegungen William Bessey, Professor an der University of Nebraska, und in einem grundlegenden, bis heute nachwirkenden Text „The phylogenetic taxonomy of flowering plants“ in den „Annals of the Missouri Botanical Gardens“ 1915 veröffentlicht.

In Berlin wurde diese bahnbrechende Arbeit nicht wahrgenommen, beziehungsweise völlig verschwiegen. Engler, der sich in der zweiten Auflage seiner „Pflanzenfamilien“ 1926 nochmals mit dem Thema auseinandersetzte, scheint die Argumentation nicht verstanden, wahrscheinlich sogar Bessey nicht einmal gelesen zu haben, denn er schreibt: „Es ist namentlich nicht zuzugeben, dass Familien mit durchweg windblütigen Pflanzen ohne Blütenhülle (...) sich aus insektenblütigen mit einfacher oder dop-

pelter Blütenhülle entwickelt hätten“. Doch Bessey sollte Recht behalten: In den Blütenkätzchen von Weiden und Pappeln fanden sich bald einige Merkmale, etwa Nektarabscheidung, die eine Tierbestäubung sehr wahrscheinlich machen.

Der Zweite Weltkrieg, die weitgehende Vernichtung vieler wissenschaftlicher Sammlungen in Mitteleuropa, darunter auch des Botanischen Gartens und Museums in Berlin-Dahlem, und der langsame Wiederaufbau mit stark veränderten Prioritäten ließen die Suche nach den Anfängen der Blütenpflanzen lange in den Hintergrund treten. So waren es vor-

### Auch Darwin war ratlos. „On the Origin of Species“ schweigt zum Thema

allen amerikanischen Botaniker, unter ihnen Arthur Cronquist vom New York Botanical Garden, zeitweilig in Kooperation mit Armen Takhtajan vom Komarov Institut der damaligen sowjetischen Akademie der Wissenschaften in Leningrad, die sich dieses Themas annahmen und in Herbarien und im Gelände neue Kandidaten aus entlegenen Gebieten der südlichen Hemisphäre aufspürten: *Austrobaileya*, eine Liane aus dem tropischen Queensland im Norden Australiens, *DeGeneria* von den Fidschi Inseln mit blattförmigen Staubblättern sowie die unscheinbare, nur in Neukaledonien anzutreffende *Amborella*, alle drei Gattungen mit nur jeweils einer Art.

So wandelten sich die Vorstellungen, doch blieben viele Fragen offen, insbesondere fehlte eine objektive Methode, zwischen den verschiedenen Stufen der

Ursprünglichkeit zu unterscheiden. Seit kurzem ermöglicht die Sequenzierung von DNA-Abschnitten, idealerweise aus Zellkern, Chloroplasten und Mitochondrien isoliert, einen neuen Einblick und damit hoffentlich präzisere Aussagen über die Anfänge der Blütenpflanzen. An ihrer Basis steht nach diesen Arbeiten die sogenannte ANITA-Gruppe: Sie umfasst neben *Amborella* die fast weltweit verbreitete Seerosen-Verwandschaft, an der im Botanischen Garten und Museum Berlin-Dahlem derzeit geforscht wird. Dazu zählen nun auch die absonderlichen, unter Wasser blühenden und fruchtenden, in Australien, Neuseeland und Indien heimischen *Hydatellaceae* sowie die *Austrobaileya*-Verwandschaft, die eine so bekannte Gattung wie den in Ostasien vorkommenden Stern-Anis einschließt.

Ob damit das letzte Wort gesprochen ist, darf bezweifelt werden: die Suche nach den Anfängen der Blütenpflanzen, sowie die Beschäftigung mit Biodiversität überhaupt, lässt sich mit der Arbeit von Sisyphus vergleichen, denn so wie immer wieder sein Stein in die Tiefe rollt, so müssen immer wieder neue Befunde in das vorhandene Gedankengebäude der Botanik eingebracht werden: Und niemand weiß, wann der nächste Umbau fällig ist.

— Der Autor ist Direktor an der Zentraleinrichtung Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem der Freien Universität Berlin.



Geforscht wird derzeit an Pflanzen der sogenannten ANITA-Gruppe. Dazu zählt auch die *Austrobaileya*-Verwandschaft mit ihrer Gattung dem Stern-Anis. picture-alliance/Photocuisine

EVOLUTION: Beilage des Tagesspiegels. Redaktion: Rolf Brockschmidt, Silke Zorn. In Zusammenarbeit mit der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften: Anita Hermannstädter, Anzeigen: Jens Robotta, Postanschrift: 10876 Berlin, Telefon (030) 29021-0.

**PROF. PH.D. JUTTA ALLMENDINGER****Sozialwissenschaften**

Lernen wird sichtbar, Lehren besser erlernbar. Bildgebende Verfahren bieten Einblicke in die Funktionsweise des Gehirns. Was wird aufgenommen, was behalten, was löst Begeisterung aus? Das ermöglicht zweierlei: Gezielte Sinnesreize stimulieren die Synapsenbildung in bestimmten Hirnregionen und steigern die Lern- und Leistungsfähigkeit. Vor allem aber verstehen wir Lernprozesse besser und können das Wichtigste tun: besser lehren, die Lernenden noch besser verstehen.

**PROF. DR. JULIAN NIDA-RÜMELIN****Philosophie**

Wenn ein Prozess als „Evolution“ bezeichnet wird, so wird damit eine wichtige Voraussetzung gemacht, nämlich dass diesem Prozess eine innere Logik innewohnt, die vom Niedrigen, noch Unentwickelten, zum Höheren, zum Entwickelten hin steuert. Ohne wertende Stellungnahme ist dieser Begriff nicht sinnvoll zu gebrauchen.

**PROF. DR. DR. H. C. WOLF SINGER****Neurobiologie**

Evolutionäre Mechanismen sorgen lediglich dafür, reproduktionsfähige Organismen hervorzubringen und Nischen zu besetzen, mit Wurzeln, Flügeln und Kiemen. Aber, wer gut schwimmt, läuft schlecht. Nur Nervensysteme vermehren Virtuosität ohne den Preis der Spezialisierung. Je komplexer die Gehirne, desto vielseitiger ihre Besitzer. Bis dann der Mensch auftrat mit kognitiven Leistungen, die es erlaubten, die kulturelle Evolution einzuleiten. Was Menschen dabei erfuhren und benannten, betrachten sie als einer geistigen Dimension zugehörig, denn Gedanken und Gefühle sind keine Dinge wie die anderen – aber sie sind Wirklichkeit. Haben wir die Welt beseelt oder sie uns?

**PROF. DR. OLAF DÖSSEL****Biomedizinische Technik**

Wir untersuchen Computermodelle vom menschlichen Herzen, um die Diagnose und Therapie von Krankheiten zu verbessern. Dabei gehen viele physiologische Parameter ein, etwa eine schraubenförmig gewundene Orientierung der Muskelfasern. Werden sie verändert, funktioniert das Herz nicht mehr optimal. Am Computer können wir alle Varianten der Physiologie des Herzens testen; bisher hat die Evolution immer das Optimum gefunden.

Fotos: privat

**PARTNER DER AKADEMIE** *Vom freien Willen und dem Fahnden nach Wirkstoffen***Wer im Kopf die Strippen zieht**

Viele unserer Handlungen sind buchstäblich in das neuronale Netz des Hirns eingeschrieben. Diesen Mustern ist die Kulturwissenschaft auf der Spur

VON SIGRID WEIGEL

Aus der Perspektive der Kulturwissenschaften, die den historischen Wandel von Vorstellungen, Gefühlen und Verhaltensweisen erforschen, wirkt die Debatte um die Willensfreiheit wie der Streit um ein Phantom. Das heißt nicht, dass der freie Wille eine „bloße“ Konstruktion sei. Denn ohne den Willen zum „freien Willen“ sähe die menschliche Kultur ganz anders aus, wäre die Ausbildung von Sittlichkeit und der Idee von Selbstbestimmung und Verantwortung nicht möglich gewesen. Zumindest die Produkte des menschlichen Willens sind real: in der Art und Weise, mit der soziale, moralische und kulturelle „Gesetze“ von den einzelnen Subjekten inkorporiert werden. Doch weiß man nicht erst seit der Erforschung des Unbewussten durch die Psychoanalyse, dass der Wille keineswegs vollständig frei ist. Menschliches Handeln und Denken unterliegt nicht nur vielfältigen äußeren Begrenzungen, sondern auch den Bedingungen der psycho-physiologischen Existenz. Sie werden durch körperliche Bedürfnisse, Ängste und Lüste, durch Träume und Traumata motiviert und gelenkt. Aber sie werden ebenso durch Vorstellungen geprägt, die durch Sprache, Gebärden, Bilder und Schriften überliefert sind.

Der Streit darum, ob einzelne Handlungen entweder durch einen bewussten Willensakt gesteuert oder durch neuronale Prozesse festgelegt, das heißt kausal verursacht oder determiniert werden, gründet in Gegensätzen, deren Begriffe spekulativ und anachronistisch sind wie Willen-Neuronen, mind-matter, Bewusstsein-Gehirn, in älterer Diktion: Seele-Leib. Solche Konzepte missachten, dass die Menschen nicht nur zahlreiche Anteile ihres Handelns an Apparate delegiert, sondern auch Symbole, Kulturtechniken und Medien hervorgebracht haben, mit denen sie kommunizieren, interagieren, Wissen generieren, ihre Lebenswelt gestalten und Erfahrungen überliefern. Wie diese bedeutunggebenden Systeme die Art und Weise prägen, wie wir wahrnehmen, uns

artikulieren und agieren, wie sinnliche Reize und körperliche Manifestationen distinkte Bedeutungen erhalten, ist Gegenstand kulturwissenschaftlicher Forschung. So orientieren wir uns zum Beispiel im Raum gänzlich anders als unsere Vorfahren, seit wir gewohnt sind, mit isometrischen Stadtplänen umzugehen.

Zudem ist ein großer Teil unserer Handlungen habitualisiert, das heißt durch Einübung und Gewohnheit erlernt und buchstäblich in das neuronale Netz des Hirns

**Fast wirkt die Debatte um die Willensfreiheit wie der Streit um ein Phantom**

eingeschrieben, ohne dass wir deren Regeln bewusst gelernt haben. Wenn die Neurowissenschaften mit Hilfe bildgebender Verfahren heute in der Lage sind, aktive Partien im neuronalen System, die mit bestimmten kognitiven oder motorischen Leistungen verbunden sind, zu lokalisieren und Erregungs- und Aktivitätsmuster zu identifizieren, die spezifischen Äußerungen, Absichten oder Bewegungen entsprechen, dann sind sie genau den Mustern auf der Spur, mit denen sich die kulturelle Tradition ins Gehirn des Einzelnen eingeschrieben hat – Muster, deren Bedeutung und Medien die Kulturwissenschaft immer schon erforschen.

Durch welche Prozesse jedoch dieses Erbe der Kulturgeschichte zu einem je individuellen, dem einzelnen Organismus gleichsam inkorporierten Erbe wird, ist noch wenig erforscht. In den Biowissenschaften galt zu lange das Dogma rein genetischer Erbgesetze, unter deren Herrschaft die Aufmerksamkeit für epigenetische Phänomene (das heißt über die DNA hinausgehende oder ihr nachgelagerte Prozesse) als lamarckistisch diskriminiert wurde. Erst nach der Desillusionierung über die Fortschritte, die man sich von der Entschlüsselung des Human Genoms versprach, kam es zu einer Renaissance von Epigenetics: mit der Erfor-



**Wer lenkt hier die Liebe?** Der menschliche Wille ist keineswegs frei. Er wird durch Lüste und Ängste, Träume und Traumata und überlieferte Ansichten geprägt. Foto: picture-alliance/ZB

schung jener biochemischen Prozesse in der Embryologie (Methylierung), die für das „An-/Ausschalten“ einzelner Gene verantwortlich sind, der Untersuchung von Imprinting-Defekten in der Embryologie, Forschungen zur „phänotypischen Plastizität“ als Effekt der Umwelt der Mutter des Embryos und so weiter.

Da neuere Experimente zur Blockade von Gedächtnisfunktionen gezeigt haben, dass bei sogenannten genetischen Gedächtnisaltern ebenfalls Methylierung im Spiel ist, darf man vermuten, dass es bisher noch unbekannt Zusammenhänge zwischen der Modifikation der DNA in der Embryonalentwicklung und dem Gedächtnis gibt. Vielleicht lagen diejenigen Wissenschaftler, die vor über einem Jahrhundert nach der „Vererbung erworbener Eigenschaften“ gefragt haben, gar nicht so falsch – wie etwa Ewald Herzig, der in seiner Theorie zum Gedächtnis als allgemeiner Funktion der organisierten Materie (1870) davon ausging, dass dem Embryo neben dem „großen Erbgut des ganzen Geschlechts“ noch ein „kleines Erbe“ mitgegeben wird, welches „im Leben des mütterlichen Organismus erworben wurde“. Dieses kleine Erbe wäre gleichsam das Tor, durch welches das kulturelle Vermögen in das biologische System eintreten kann.

Weiter ist die Erforschung der Prozesse, mit denen die neuronale Plastizität in den ersten Lebensjahren ausgebildet wird, etwa das Zusammenspiel von visuellen und akustischen Reizen, durch das unter anderem Grundlagen für das Erlernen von Sprache und Schrift ausgebildet werden. Wie und an welcher Stelle aber die neuronalen Muster in bestimmte Empfindungen und Bedeutungen verwandelt werden, ist heute wie vor ein Rätsel. So fortgeschritten heute die bildgebenden Verfahren sind, mit denen man das „Feuern“ der Neuronen lokalisiert, so wenig weiß man tatsächlich über die bedeutunggebenden Prozesse des Denkens – jedenfalls soweit es jene Sphäre betrifft, die die Seiten von Sprache, Bewegungen und Handlungen liegt. Erfolgsberichte aus den Laboren der Hirnforschung lassen in letzter

Zeit häufig verlauten, dass es gelungen sei, Handlungen, Absichten oder Gedanken „zu lesen“ oder „vorauszu sehen“. Zum einen sind die Muster neuronaler Aktivitäten, die dabei zum Beispiel nachfolgende Handlungen signalisieren, zuvor qua Lernen bzw. Habitualisierung ausgebildet, das heißt kulturell eingeschrieben worden. Zum anderen können sie den jeweiligen Aktionen nur zugeordnet werden, weil diese Entsprechungen in vorausgegangenen Experimenten identifiziert wurden. Insofern ist die Identifizierung der neuronalen Muster immer von der Verknüpfung mit bereits bekannten Bedeutungen kognitiver Leistungen, Empfindungen oder Handlungen abhängig. „Voraussehen“ meint hier: die neuronale Entsprechung eines schon gewussten Wissens identifizieren.

Die angewandte Forschung kann von solchen Erkenntnissen enorm profitieren, etwa bei der Entwicklung von Prothesen und Brain-Machine-Interfaces. Wenn aufgrund der empirischen Forschung

**Die „menschliche Natur“ besteht nicht nur aus Genen, Neuronen und Hormonen**

aber ein Menschenbild konstruiert wird, in dem die „menschliche Natur“ allein als System genetischer, neuronaler und hormoneller Vorgänge beschrieben wird – womöglich noch ergänzt um die Forderung rechts- und sozialpolitischer Konsequenzen – dann wünschte man sich nicht nur mehr erkenntnistheoretische Reflexion, sondern auch mehr Willen zur Verantwortung. Und über diesen Willen zu verfügen, werden Wissenschaftler wohl nicht ablehnen wollen.

— Die Autorin ist Direktorin des Zentrums für Literatur- und Kulturforschung. Zum Thema erschien von ihr u.a.: *Genea-Logik. Generation, Tradition und Evolution zwischen Kultur- und Naturwissenschaften*, München: Fink 2006

**Medikamente aus dem Setzkasten**

Forscher am Berliner Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie suchen Wirkstoffe mit neuen Methoden

VON KAI KUPFERSCHMIDT

Medizinische Chemiker sind Suchende. Sie suchen nach Wirkstoffen, die Bakterien, Viren oder Tumoren angreifen und dabei das gesunde Gewebe möglichst wenig schädigen. Meistens geht es darum, wichtige Eiweiße der Krankheitserreger oder Krebszellen zu hemmen. Um dafür einen passenden Wirkstoff zu finden, tauchen medizinische Chemiker in die unendlichen Weiten des chemischen Raumes ein.

So nennen Forscher die Summe aller möglichen chemischen Verbindungen. Schätzungen zufolge gibt es bis zu  $10^{200}$  Möglichkeiten, wie ein Molekül aufgebaut sein kann. Das ist eine Eins mit 200 Nullen. Wollte man alle diese Stoffe herstellen, reichte die Materie im Universum nicht annähernd aus. Die Zahl der Verbindungen, die zumindest theoretisch als Wirkstoff in Frage kämen, ist zwar viel kleiner, aber immer noch gigantisch. So haben Forscher errechnet, dass es bis zu  $10^{62}$  potenzielle Wirkstoffmoleküle geben könnte.

**Das Ziel: eine Abkürzung durch die unendlichen Weiten des chemischen Raums**

„Das sind völlig unvorstellbare Zahlen“, sagt Jörg Rademann, Leiter der Forschungsgruppe Medizinische Chemie am Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP) in Berlin. Er hat eine neue Methode entwickelt, die eine Abkürzung durch diese unendlichen Weiten verspricht. Dafür lässt er die Eiweiße, die er angreifen will, ihre Angreifer selbst zu-

sammensetzen – aus Fragmenten, die er ihnen anbietet. „Das ist ein bisschen wie Evolution, denn die Eiweißmoleküle selektieren die Kombination, die am besten wirkt.“

In der Regel irren Pharmakologen ohne Wegweiser durch den chemischen Raum. Um einen neuen Wirkstoff zu finden, folgen sie meist einem simplen Prinzip: eine Substanz nach der anderen testen. In den letzten Jahren wurde diese Methode in sogenannten Screenings perfektioniert. Dabei werden innerhalb weniger Tage Millionen Substanzen darauf getestet, ob sie eine erwünschte Wirkung haben.

Die Stoffe kommen in winzige Vertiefungen einer etwa handtellergroßen

Platte. 384 solcher Vertiefungen befinden sich darauf. In jedes Loch kommt eine Substanz, die untersucht werden soll, und das Eiweiß, das der Pharmakologe hemmen möchte. Das kann ein Molekül sein, das Viren nutzen, um sich zu vermehren oder eines, mit dem Krebszellen den Körper dazu bringen, neue Blutgefäße zu bilden, um den Hunger des wachsenden Tumors nach Sauerstoff zu befriedigen. Die Platten werden von Robotern in der FMP-Screening-Abteilung von Jens-Peter von Kries nacheinander befüllt und getestet, während die Forscher auf die Ergebnisse warten – in der Hoffnung, den entscheidenden Treffer zu finden.

Es ist ein brachialer Ansatz. Für den Erfolg zählt vor allem eines: so viele Substanzen wie möglich zu testen. Deshalb streben die großen Akteure in der Pharmazene ständig danach, noch mehr Substanzen in ihren Screenings testen zu können. „Einer der Gründe, warum viele Pharmafirmen fusioniert haben, ist, damit sie eine noch größere und bessere Substanzbibliothek aufbauen können“, sagt Rademann.

Mit seinem Ansatz will er die Screenings erleichtern. Denn es werden nicht mehr vollständige Substanzen getestet, sondern Bruchstücke. In einem ersten Screening sucht Rademann also nur die eine Hälfte des zukünftigen Wirkstoffes.

Als Ausgangspunkt benötigt er dafür ein Molekül, das bereits bekannt ist und das Eiweiß an der richtigen Stelle bindet, die Bindungstasche aber nur zur Hälfte ausfüllt. Häufig sind das Peptide, kurze Eiweißstücke, die sich als Wirkstoffe selbst nicht eignen, weil sie im Magen abgebaut werden. Dieses Peptid dient als Haken, um aus einem ersten Pool von Fragmenten, eines herauszufischen, das direkt daneben bindet.

In einem zweiten Screening lässt der Wissenschaftler das erfolgreiche Fragment zusammen mit dem Eiweiß nach einem zweiten, passenden Fragment suchen. Dazu wird ihm eine chemische Verbindung angebaut, die wie ein Haken funktioniert. An allen Fragmenten, die im zweiten Durchgang genutzt werden, befindet sich eine entsprechende Öse, in die er einrasten kann. Der Trick dabei: Im Wasser allein reagieren Haken und Öse nicht miteinander. Erst wenn sie nebeneinander genau in die Bindungstasche des Eiweißes passen, findet die Reaktion statt und aus den beiden Bruchstücken bildet sich ein Wirkstoff. Dynamisches Ligationscreening nennt Rademann die Methode.

Der Vorteil: Werden in zwei Schritten je 1000 Fragmente getestet, so haben die Forscher eine Million Kombinationen getestet. „Wenn Sie kleine Moleküle, also Fragmente, testen, können Sie die riesige Menge an molekularen Kombinationsmöglichkeiten viel besser abdecken, als mit großen Molekülen“, sagt Rademann.

Auch andere hätten schon Screenings mit Fragmenten gemacht, sagt er. „Die haben dann eben ein Fragment gefunden und noch eines, aber dann hatten sie ein riesiges Problem, nämlich: die beiden sinnvoll mit-

**Für den Erfolg zählt vor allem, dass so viele Substanzen wie möglich getestet werden**

einander zu verknüpfen.“ Das sei ein äußerst aufwändiger Prozess, bei dem mehrere Chemiker systematisch das Molekül verändern müssten, bis sie eine Kombination finden, die tatsächlich funktioniert. „Wir nutzen einfach das Eiweiß selbst als Schablone, die vorgibt, wie zwei Fragmente zusammen passen.“

Erstmals gezeigt hat Rademann die neue Methode beim Corona-Virus. Der Erreger der Lungenkrankheit Sars, deren Ausbreitung im Jahr 2003 viel Aufregung verursachte, benutzt wie die meisten Viren einen Trick, um sein Erbgut möglichst klein zu halten: Es verschachtelt viele Gene ineinander. Hat es eine Zelle infiziert, wird das gesamte Virusgenom abgelesen und in eine lange Eiweißkette übersetzt, aus dem ein spezialisiertes Molekül dann die einzelnen Eiweiße herausschneidet. Für diese molekulare Schere wollte Rademann mit seiner neuen Methode einen Hemmstoff finden.



**Welches ist die richtige Substanz?** In der Arbeitsgruppe von Jörg Rademann suchen die Mitarbeiter unter anderem nach neuen Wirkstoffen gegen Krebs und Sars. Foto: Maj Britt Hansen

**QUERVERBINDUNGEN** Disziplinen vernetzen – Gedanken anstoßen

# „Tanz wird überall verstanden“

Ein Gespräch über Bienen, Ballett, angeborene Ursignale und kulturell erworbenes Wissen

## Modelliert von Menschenhand

Reiner Maria Matysiks „postevolutionäre“ Wesen

VON INGBORG REICHEL

Der Berliner Künstler Reiner Maria Matysik führt mit seinen skulpturgleichen Prototypenmodellen zukünftiger Lebensformen stauenden Zeitgenossen bislang kaum denkbare Szenarien des biotechnologischen Zeitalters vor Augen. Die kunstvoll modellierten *inoculi*, die Augenlosen, sind maßstabsgetreue Verkörperungen seiner Vision von einer „aktiven“, von Menschen gesteuerten Evolution, an deren Umsetzung Matysik seit seinem Studium arbeitet.

Diesen künstlerisch motivierten Prototypen zukünftiger Organismen liegt die Überzeugung zugrunde, dass Molekularbiologie und Gentechnik eine dramatische Wirkung sowohl auf den Fortgang der Evolution als auch auf die Kunst haben werden. Die Konsequenzen dieser



**Reiner Maria Matysik** wurde 1967 in Duisburg geboren und studierte an der Hochschule für Bildende Künste in Braunschweig. Er lebt in Braunschweig und Berlin.

Entwicklung sind bisher nur vage fassbar. Matysik holt durch seine Wesen mögliche Zukunftsszenarien in die Gegenwart und verleiht der Zukunft damit schon heute einen dreidimensional wahrnehmbaren Ausdruck.

Die Modelle treten dabei als Vermittler zwischen der Vision von der Möglichkeit einer aktiven Evolution und den zukünftigen Formen einer von der Kunst geschaffenen Biologischen Plastik auf. Sie knüpfen an wissenschaftliche Visualisierungs- und Modellierungsstrategien des 19. Jahrhunderts an. In der gleichen Art und Weise wie Künstler seit der Antike Modelle aus Ton oder Wachs fertigen, lässt Matysik Prototypen zukünftiger Lebensformen entstehen, die nicht zu Kunstwerken, sondern zu Naturwerken heranwachsen sollen.

Der Künstler begreift den gesamten Entstehungsprozess seiner Modelle als ein visuell-bildnerisches Experiment und wichtigen Beitrag zum gegenwärtig auf vielen Ebenen ausgetragenen Aushandlungsprozess um ein Szenario des Lebendigen von morgen. Denn in Zukunft werden Lebensformen nicht mehr nur durch die Evolution hervorgebracht, sondern von Menschenhand geschaffen, gesteuert und verantwortet.

— Die Autorin ist Kunstwissenschaftlerin und koordiniert die interdisziplinäre Arbeitsgruppe „Bildkulturen“ der Akademie.

Der Neurobiologe und Bienenforscher **Randolf Menzel** und **Christiane Theobald**, die stellvertretende Intendantin des Staatsballetts Berlin haben ein gemeinsames Interesse: den Tanz. Doch was verbindet den „Schwänzeltanz“ der Bienen mit einem klassischen Ballett? Das fragte Bettina Mittelstraß.

Wenn die Honigbiene tanzt, vermittelt sie ihren Stockgenossinnen genau das, was alle Honigbienen interessiert: das Wissen über Entfernung oder Flugrichtung zu einer ertragreichen Blütenpracht. Was erzählt der Tanz der Ballerina?

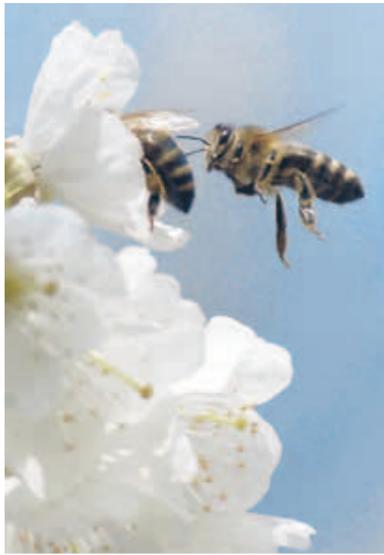
**CHRISTIANE THEOBALD:** Klassisches Ballett kann Geschichten erzählen, es kann aber auch ausschließlich Emotionen ausdrücken. Wir unterscheiden da zwischen Handlungsballett und abstraktem Ballett. Beides sind aber Inhalte, die ohne Worte kommuniziert werden. Man muss als Zuschauer keine bestimmte Sprache sprechen um zu verstehen. So stelle ich mir auch den Schwänzeltanz der Bienen vor: Er wird immer und überall, wo er getanzt wird, verstanden.

**RANDOLF MENZEL:** Wir meinen ja mit „Wissen“ oft nur das, was wir in Sprache ausdrücken, niederschreiben oder erzählen können, also das, was uns Menschen bewusst wird. Aber Wissen ist natürlich viel mehr! Ich weiß auch, dass ich hungrig oder durstig, traurig oder lustig bin. Dieses ungeheuer reichhaltige Wissen liegt meistens unterhalb der Bewusstseinssebene. Ein solches Wissen wird beim Mensch wie beim Tier durch Körpersprache vermittelt: Ich mache Bewegungen. Ich habe einen Gesichtsausdruck.

**THEOBALD:** Im klassischen Bühnentanz gibt es aber auch den Choreografen, der dem Tänzer auf den Körper schreibt, was vermittelt werden soll. Da haben wir zusätzlich eine Wissensvermittlung von demjenigen, der Inhalte erkennt, auf den Tänzer, der in dem Moment eigentlich fast wie ein Instrument anzusehen ist. Und dann gibt es natürlich noch die Wissensvermittlung von Choreografen durch die Jahrhunderte von Generation zu Generation.

Das heißt, es gibt beim Menschen beides: Im Tanz teilen sich genetische „Ursignalsprache“ und kulturell erworbenes Wissen mit?

**MENZEL:** Wir Menschen sind durch unsere Sozialisation darauf eingestimmt, bestimmte Gesten zu verstehen. Das ist also zum einen ein Lernvorgang. Aber natürlich sind wir auch evolutiv darauf eingestellt: Ganz bestimmte Signale sind für uns Menschen wichtig. Zum Beispiel Signale, die von Gesicht und Händen ausgehen. Wenn die Hände symmetrisch bewegt werden, sind sie aggressiver. Wenn sie nicht symmetrisch bewegt werden, sind sie mehr entgegenkommend. Es gibt also eine evolutive Wurzel von Körpersprache, die dann durch Tradition und Sozialisation kulturell überbaut wird.



Die Tanzsprache der Bienen gibt Artgenossen Information über Futterquellen - und kommt dabei, wie das Ballett, ganz ohne Worte aus.



Fotos: picture-alliance/dpa, Staatsballett/Enrico Nawrath

Die Schulung durch den Choreografen ist ein starker Prozess des Nachdenkens. Da gibt es auch symbolhafte Übertragungen oder Gedächtnisstützen, und die sind nur dem Menschen möglich.

**THEOBALD:** Der klassische Bühnentanz ist artifizell. Eine Kunstform. Doch da gibt es ja noch die Improvisation. Wenn Sie Menschen tänzerisch improvisieren lassen – das wird gerne auch in der Tanztherapie genutzt – können sich die Emotionen äußern. Wir haben das mit behinderten Kindern gesehen: Kinder, die sonst nicht in der Lage waren, sich zu freuen oder überhaupt emotionale Äußerungen zu tätigen, gelang das mit Hilfe des Tanzes! Also es gibt etwas, was direkt und unmittelbar wirkt.

**MENZEL:** Bei Tieren gibt es etwa in der Kommunikation zwischen den Geschlechtern auch sehr komplizierte Tanzformen, die Mitteilung über den Zustand



**Christiane Theobald** ist stellvertretende Intendantin und Betriebsdirektorin des Staatsballetts Berlin.

des Partners machen. Auch die werden verstanden. Aber Tiere dürfen den Ablauf der Bewegungen nicht verändern! Der muss genetisch festgelegt sein, damit sich Weibchen und ein Männchen gleich eindeutig verstehen. Trotzdem muss der Ablauf natürlich im Laufe der Evolution

artspezifisch werden. Wenn jetzt plötzlich ein Männchen was tolles Neues entdeckt, dann besteht das Problem, dass es nicht mehr verstanden wird. Dann sind die Gene verloren. Es muss also immer genügend Urwissen mit in der Bewegung sein, damit sich das Weibchen auf jeden Fall überreden lässt.

**THEOBALD:** Den Fall gibt es auch bei uns, dass ein Publikum nicht versteht, was dort auf der Bühne gezeigt wird, weil es so neu, so revolutionär ist. Aber es gibt dann eine Entwicklung. Also man kann die Sehgewohnheiten eines Publikums mit der Zeit ändern. Die Einführung des Spitzentanzes wäre da ein Beispiel.

**MENZEL:** Zweifellos. Über kulturelle Evolution entwickeln die Leute einen Blick für Neues. Trotzdem muss immer noch etwas angesprochen werden, was tiefere Wurzeln erfasst. Gerade in der Übertreibung und Ritualisierung von Körperwissensvermittlung im klassischen Tanz kommen, glaube ich, die tierischen Wurzeln des Menschen zum Ausdruck: Wissensvermittlung durch reine Körperbewegung. Tanz beschreibt den Menschen nicht in erster Linie als Geist betontes Wesen. Er bekommt ein Wissen übertragen, ohne dass er nachdenken muss. Ein Vokabular von sicheren Mitteln gehört zum Tanz genauso dazu wie zur Sprache. Weiterentwicklung ergibt sich dann daraus, dass immer wieder etwas eingebaut wird, wo noch nicht so eindeutig klar ist: Wo führt das hin?

Wie funktioniert die Übertragung von Mitteilungen durch Bewegung?

**MENZEL:** Das Wissen muss nachvollziehbar sein. Das heißt, der Betrachter

würde – wenn er geübt wäre – dieses Wissen mit seinem Körper genau so ausdrücken. Das ist dann das Verstehen. Im Bereich des vorderen, motorischen Zentrums des Gehirns erfolgt das mithilfe der Spiegelneurone eine unmittelbare Verkopplung zwischen dem eigenen Körper-



**Randolf Menzel** ist Zoologe und Neurobiologe und leitet die Arbeitsgruppe Neurobiologie im Institut für Biologie an der Freien Universität Berlin. Er ist Mitglied der Akademie.

wissen und den motorischen Ausdrucksweisen. Wenn ich zum Beispiel ein Glas in die Hand nehme, dann werden die Neurone aktiv: Glas nehmen, Arme bewegen, zugreifen. Und genau dieselben Neurone werden aktiv, wenn ich sehe, dass ein anderer Mensch das auch macht. Das gilt auch für lange Serien von Tanzbewegungen. Man hat die Spiegelneurone von Tänzern untersucht: Wenn ein klassischer Tänzer bei einem anderen eine Figur sieht, die er gut geübt hat, dann reagieren seine zuständigen Spiegelneurone, die sonst bei ihm aktiv sind, wenn er die Figur selbst tanzt, ganz genauso stark.

**THEOBALD:** Das ist sehr spannend für uns, denn diese Erkenntnis hat Auswirkungen auf unsere Arbeit: Professor Martin Puttke hat jüngst das „DANAMOS – dance native motion system“ entwickelt. Das sagt im Prinzip: Ich kann einem Tän-

zer erst einmal eine Choreographie zeigen und er geht sie mental durch. Wenn ich ihm dann sage „Mach es nach!“, ist unsere Erfahrung: Er kann das! Bei diesem Vorgang werden offenbar gespeicherte Bewegungs-Cluster aktiviert. Die mentale Simulation von Bewegungen aktiviert die entscheidenden Areale im Gehirn. Das alles schließt natürlich nicht aus, dass physisches Üben diesen Vorgang konditionieren muss. Aber „DANAMOS“ könnte in seiner ganz anderen Herangehensweise als wir es aus der klassischen Vaganova Schule kennen, den Tanz in Training und Proben revolutionieren.

**MENZEL:** Vorausgesetzt, man meint mit dem Begriff „Vorstellen“ nicht ein Nachdenken über die Motorik im üblichen Sinne. Also nicht: Aha, ich muss erst das rechte und dann das linke Bein bewegen. Es ist mehr wie ein inneres Bild der Voraussetzungen für diese Bewegung. Der Bienenanzug ist im Grunde genau das Gleiche: eine intendierte Bewegung. Die Biene würde ausfliegen, wenn sie jetzt nicht tanzen würde. Im dunklen Stock und auf der Vertikalen übersetzt sie den Flug in eine Symbolik, die mit dem Flug selbst nahezu nichts mehr zu tun hat. Ich bin hundertprozentig davon überzeugt – auch wenn das jetzt reine Phantasie ist – dass die Bienen natürlich auch Spiegelneurone haben und dass sie damit sowohl ihren eigenen Flug wie ihren Tanz, als auch das Erkennen des Tanzes einer anderen Tänzerin verarbeiten. So können sie körperlich verstehen, was sie anderen mitteilen und was sie mitgeteilt bekommen. Das ist wie beim klassischen Tänzer.

**AUSWAHL AUS DEM VERANSTALTUNGSPROGRAMM**

### Diskussionen, Fachvorträge und Kinder-Workshops: Evolution ist spannend für alle

**AKADEMIEVORLESUNGEN Wintersemester 2009/2010, immer donnerstags, 18.30 Uhr** Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Einstein-Saal, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin

**22. Oktober 2009:** „Was ist Evolution? Gemeinsamkeiten und Unterschiede der biologischen und kulturellen Evolution“ mit Axel Meyer, Lehrstuhl für Zoologie/Evolutionsbiologie, Universität Konstanz, und Jean-Jacques Hublin, Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie. Moderation: Justus Lentusch.

**29. Oktober 2009:** „Evolution und Diversität“ mit Hans Walter Lack, Botanischer Garten und Botanisches Museum, Freie Universität Berlin und Hans-Jörg Rheinberger, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte. Moderation: Justus Lentusch.

**19. November 2009:** „Evolution und Schöpfung. Ergänzung oder Gegensatz?“ mit Randolf Menzel, Institut für Neurobiologie, FU Berlin und Markus Vogt, Lehrstuhl für Christliche

Sozialethik, Ludwig-Maximilians-Universität München. Moderation: Richard Schröder.

**17. Dezember 2009:** „Zur Evolution sozialer Systeme“ mit Peter Weingart, Institut für Wissenschafts- und Technikforschung, Universität Bielefeld und Holk Cruse, Biologische Kybernetik, Theoretische Biologie, Universität Bielefeld. Moderation: Ortwin Renn.

**14. Januar 2010:** „Simulierte Welten – Evolution in der Virtualität“ mit Sybille Krämer, Institut für Philosophie, FU Berlin und Olaf Dössel, Institut für Biomedizinische Technik, Universität Karlsruhe (TH). Moderation: Eberhard Knobloch.

**4. Februar 2010:** „Zeit – Schlüsselvariable der Evolution“ mit Barbara Adam, Cardiff School of Social Sciences, University of Wales und Günther Hasinger, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching. Moderation: Ortwin Renn.

**11. Februar 2010:** „Darwins Dilemma: Die Evolution des Altruismus und die Ablehnung des Fremden“, Berthold Hölldobler, Lehrstuhl für

Verhaltensphysiologie und Soziobiologie, Julius-Maximilians-Universität Würzburg. Mod.: Peter Weingart

**WEITERE VERANSTALTUNGEN NOVEMBER**

**3. November, 16 Uhr:** Max Delbrück Communications Center (C83) – Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin, Campus Berlin-Buch, Robert-Rössle-Str. 10, 13125 Berlin: Eröffnung der Wanderausstellung „Evolution im Augenblick“ mit Walter Rosenthal und Ulrich Scheller. Ab 17 Uhr: Vortrag von Daniel Besser: „Mechanismen der Signalübertragung in embryonalen Stammzellen“. Die Ausstellung läuft bis zum 30.11., Mo.-Fr. 8.30-17Uhr.

**5. bis 7. November:** Deutsches Hygiene-Museum, Lingnerplatz 1, 01069 Dresden: Tagung zu „Darwin. Die Evolution und unser heutiges Bild vom Menschen“. Veranstalter: Verband Biologie, Biowissenschaften & Biomedizin in Deutschland (VBIO) und Stiftung Deutsches Hygiene-Museum, gefördert durch die VolkswagenStiftung.

**8. November, 15 Uhr** (Wiederholung am 15./22./29.11.): Botanisches Museum, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Straße 6-8, 14195 Berlin: Workshop für Kinder von 6-12 Jahren: „...und sie bewegen sich doch. Darwins Kletterpflanzen unter der Lupe“ mit Beate Senska.

**11. November, 18.30 Uhr:** Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Leibniz-Saal, Markgrafenstraße 38, 10117 Berlin: Vortrag (engl.): „Aristotle, Essentialism and Evolution: Dispelling a Myth“, James Lennox, History and Philosophy of Science, University of Pittsburgh, Korreferat (dt.): Christof Rapp, Ludwig-Maximilians-Universität München.

**12. November, 19.30 Uhr:** Urania, An der Urania 17, 10787 Berlin: Vortrag „Darwins Reisen zur Erkenntnis“, Matthias Glaubrecht, Museum für Naturkunde.

**14. November, 10 bis 17.30 Uhr:** Audimax der Humboldt-Universität, Unter den Linden 6, 10099 Berlin: Tagung „Streit um Darwin“, eine kritische Auseinandersetzung mit krea-

tionistischen, biologistischen und scientistischen Positionen. Veranstalter: Museum für Naturkunde.

**20. November, 19.30 Uhr:** Museum für Naturkunde, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin: Vortrag „Wie entstehen neue Arten? Was Darwin noch nicht wusste“, Axel Meyer, Lehrstuhl für Zoologie/Evolutionsbiologie der Universität Konstanz.

**21. November, 10 bis 17 Uhr:** Umweltforum, Pufendorfstraße 11, 10249 Berlin: Biologentag 2009 mit Vorträgen: „Was Darwin noch nicht wissen konnte – moderne Biowissenschaften“, Veranstalter: VBIO. Anmeldung: www.biologentag.de.

**24. November, 19.00 Uhr:** Museum für Naturkunde, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin: Festakt zu 150 Jahren „On the Origin of Species“ von Charles Darwin.

**DEZEMBER**

**4. Dezember, 19 Uhr:** Naturkunde-Museum, Invalidenstr. 43, Berlin: Darwin-Theater: Theaterprojekt des Jungen Deutschen Theaters.

**10. Dezember, 19.30 Uhr:** Museum für Naturkunde, Invalidenstr. 43, 10115 Berlin: Vortrag „Charles Darwins Sozialethik“, Eve-Marie Engels, Universität Tübingen.

**18. Dezember, 10 bis 18 Uhr:** Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Einstein-Saal, Jägerstraße 22/23, 10117 Berlin: Tagung zum Thema „Evolution der Religion(en)“. Gefördert durch die Fritz Thyssen Stiftung.

**18. Dezember, 18.30 Uhr:** Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Leibniz-Saal, Markgrafenstr. 38, 10117 Berlin: Diskussionsforum zum „Evolution der Religion(en)“ mit Hans Joas, Christoph Marksches, Wolfgang Reinhard und Jan Assmann. Moderation: Ulrich Schnabel (ZEIT).

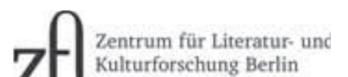
**Bis 31. Dezember 2009:** Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Freie Universität Berlin, Königin-Luise-Str. 6-8, 14195 Berlin: Darwinpfad durch Museum und Garten: „Wege zu Darwin – Pflanzen, Mannigfaltigkeit, Evolution“.

**Bis 3. Januar 2010:** Museum für Naturkunde, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin: Sonderausstellungen „Darwin – Reise zur Erkenntnis“, Di bis So.

**PODCAST ZUM JAHRESTHEMA** Veranstaltung verpasst? Unter <http://jahresthema.bbaw.de/mediathek> finden Sie Film- und Tonaufnahmen zu den Veranstaltungen der Akademie.

**WANDERAUSSTELLUNG** Zum Ausleihen: Fotoausstellung „Evolution im Augenblick“ mit den 20 besten Bildern eines bundesweiten Wettbewerbs für junge Amateure und professionelle Fotografen, den die Akademie zum Jahresthema durchgeführt hat. Aufgabe war es, unerwartete Augenblicke der Evolution eindrucksvoll und kreativ einzufangen. Kontakt: Anita Hermannstädter, jahresthema@bbaw.de. (Alle Angaben ohne Gewähr) Tsp

Mehr Informationen im Internet: <http://jahresthema.bbaw.de>



Die Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften dankt ihren Kooperationspartnern